Elektronica en Telecommunicatie-techniek 8

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.



621.395.34:621.38

Semi-elektronische telefooncentrales [1])

I. Enige aspecten van volledig elektronische en half-elektronische telefooncentrales

door prof. ir. J. L. de Kroes, N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie - Hilversum

Summary: *Some aspects of fully and semi-automatic telephone exchanges.*

The exchanges at present under development will partly or wholly break down the isolation in which telephony switching exists with regard to components and techniques. Control will be fully electronic. Fully electronic crosspoints, however, have a number of consequences for the subscriber's set and circuit which stand in the way of their application in local exchanges.

Fortunately, a new electromechanical device, the reed switch or relay, is available whose manufacture is similar in many ways to that of electronic components and whose application will certainly not remain limited to telephony switching. Fully electronic switching networks employing either the space division or the time division principle are acceptable for trunk exchanges.

Evolution of control through its various stages – electromechanical, semi-electronic and fully electronic – is discussed. Fully electronic control is highly centralised, so that a large number of remote-control facilities can also be incorporated.

Introduction of the electronic control will eventually cause an appreciable change in the management of the telephone network.

1. Inleiding

Zoals bekend, vormen transmissiemiddelen en schakelmiddelen samen het telefoonnet. Toepassing van elektronica is in de transmissietechniek sinds lang gebruikelijk. Slechts bij transmissie over draad op korte afstand vindt men nog transmissiemiddelen zonder elektronica. De eerste pogingen, die omstreeks 1950 plaatsvonden om elektronische technieken op grote schaal in automatische telefooncentrales toe te passen, werden zeer zeker gestimuleerd door het succes van de elektronica in radio-, versterker- en draaggolfapparatuur. Deze pogingen hebben evenwel niet onmiddellijk geleid tot het op grote schaal toepassen van deze technieken in de telefooncentrales. Dat de elektronica, die elders op zeer uiteenliggende gebieden haar veelzijdigheid en nut bewezen heeft, slechts zeer geleidelijk doordringt in de telefooncentrales, is voor vele elektronici een teleurstelling.

Bij transmissiemiddelen is toepassing van elektronische technieken noodzakelijk om aan redelijke eisen te voldoen. Zoals ir. van Eijk in zijn lezing van 11 oktober 1966 aangaf [1], is dit in de telefooncentrale niet het geval. Met elektromechanische middelen als relais en kiezers, is men volledig in staat om telefooncentrales te maken, die zeer tot tevredenheid van publiek en telefoonadministratie werken. Bovendien ondervond de invoering van elektronica nog extra weerstand, omdat omstreeks 1950 belangrijk betere elektromechanische schakelaars als kruisstangschakelaars en snelle draaikiezers ter beschikking kwamen. De verbetering betrof de snelheid van instellen, verminderd onderhoud, vergrote bedrijfszekerheid. Het was dus te voorzien dat het gevecht niet snel met een knock-out zou eindigen, doch dat het een langdurig gevecht op punten zou worden.

Al vanaf het begin zijn er twee scholen bij het invoeren van elektronica geweest. De ene tracht daarvoor geschikte organen of schakelingen in de elektromechanische telefooncentrale door elektronische te vervangen. De andere school wil een volledige revolutie teweegbrengen door de nagenoeg geheel elektromechanische telefooncentrale te vervangen door een vrijwel geheel elektronische. We kunnen de eerste school aanduiden met 'half-elektronisch', de tweede met 'volledig elektronisch'.

De elektromechanische organen en schakelingen, die de half-elektronische school wil vervangen door overeenkomstige elektronische, zijn die, waarbij de grotere nauwkeurigheid, snelheid en slijtvastheid van de elektronische techniek tot hun recht kunnen komen. Dat geldt dus voor de schakelingen en organen in de apparatuur voor het opwekken van tonen en van gelijk-

[1]) Voordrachten gehouden voor de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. met het Genootschap van Ingenieurs der PTT op 12 april 1967 te Utrecht.

spanningen, verder voor de testschakelingen en de gecentraliseerde organen die slechts gedurende de opbouw van de verbinding gebruikt worden.

Deze geleidelijke aanpak had het voordeel, dat de invoering zonder grote overgangsproblemen kon plaatsvinden. Oorspronkelijk, toen men de overgang naar de volledig elektronische centrale veel sneller verwachtte, dacht men dat deze geleidelijke invoering het nadeel had, dat een aantal systemen met steeds meer elektronica elkaar snel zou opvolgen. De invoering van de half-elektronische centrale zou de komst van de volledig elektronische zelfs kunnen vertragen.

Hoewel het beschikbaar komen van de halfgeleider de invoering van de elektronica ten zeerste heeft bevorderd, zijn toch de eerste pogingen gedaan met elektronenbuizen, zowel met de geëvacueerde met warme kathoden, als de met gas gevulde met koude kathoden. We kunnen hier noemen de gedeeltelijk elektronische selectieve markeersystemen, zoals het brugmarkeersysteem van Oberman ('47)[2], het 7E-systeem van B.T.M.C. [3] en de volledig elektronische centrale met gasontladingsbuizen van Six en Domburg van het Philips' Natuurkundig Laboratorium (1951) [4].

2. Het spreekwegennet

Het is duidelijk dat juist in de veel voorkomende, weinig schakelende spreekwegenorganen, de toepassing van elektronica de minste voordelen biedt. De gasontladingsbuis met zijn verwachte lage kostprijs bij fabricage in grote aantallen was voor dit toepassingsgebied in die tijd toch nog wel het meest aangewezen onderdeel. Doordat de gasontladingsbuis een brandspanning heeft die belangrijk lager is dan de ontsteekspanning, bezit zij van nature de geheugenfunctie, zo gewenst voor gebruik als schakelaar. Centrales, volgens het principe van Six en Domburg, vinden nog steeds een beperkt toepassingsgebied als interne huiscentrales.

De eerste grote volledig elektronische telefooncentrale, die in 1960 zijn waarde in een proefbedrijf bewezen heeft, de centrale te Morris, Illinois van de American Telephone and Telegraph Co. was eveneens uitgerust met gasontladingsbuizen als schakelelement van het spreekwegnetwerk [5]. De elektromechanische spreekwegschakelaars als kiezers en kruisstangschakelaars, zijn in deze centrales vervangen door matrices van individuele kruispunten, in dit geval bestaande uit een gasontladingsbuis. Men zou hier een evolutie kunnen zien van draaischakelaars via kruisstangschakelaars naar matrices van individuele kruispunten, ware het niet dat de matrices met individuele kruispunten, gevormd door relais, reeds lang bekend waren.

In fig. 1 is schematisch de evolutie weergegeven van de matrices van individuele kruispuntrelais via multipels met kiezers, die een eendimensionale mechanische koppeling tussen kruispuntcontacten bezitten, naar de kruisstangschakelaars met een tweedimensionale koppeling. Men moet bij de kruispunttechniek dus eerder spreken van een terugkomen van een oude techniek, die nu evenwel het volledige profijt kan trekken van het voor de kruisstangschakelaars ontwikkelde principe van het geconditioneerde kiezen.

Het kruispuntelement in een telefooncentrale is het element, dat het meest voorkomt en het minst schakelt. De invoering van de elektronica in de telefooncentrale zal hier dus haar grootste problemen ontmoeten. Voor de toepassing van elektronica in de telefooncentrale vormen de kruispunten dus de 'test case'. Men heeft zelfs overwogen om de in de centrale toegepaste transmissietechnieken te wijzigen, door de spraak in de vorm van pulsen door de centrale te leiden. De verbindingswegen in de centrale kunnen dan voor meer gesprekken tegelijkertijd dienst doen. Het belangrijk geringere aantal kruispunten dient nu snel en frequent te schakelen. De goede eigenschappen van de elektronica kunnen in deze kruispunten geheel tot hun recht komen.

Deze 'time division' systemen zullen wellicht slechts economisch zijn in samenwerking met transmissiesystemen, die eveneens gebaseerd zijn op impulsmodulatie. Daar, waar de overgang naar deze transmissietechniek niet of niet op korte termijn te verwachten is, ligt het toepassingsgebied van de andere centrales, de 'space division' centrales. Hieronder vallen dus zowel de thans toegepaste elektromechanische centrales als de genoemde semi-elektronische en elektronische centrales.

2.1. *Het halfgeleiderkruispunt*

Met de opkomst van de transistor wordt dan ook tevens naarstig

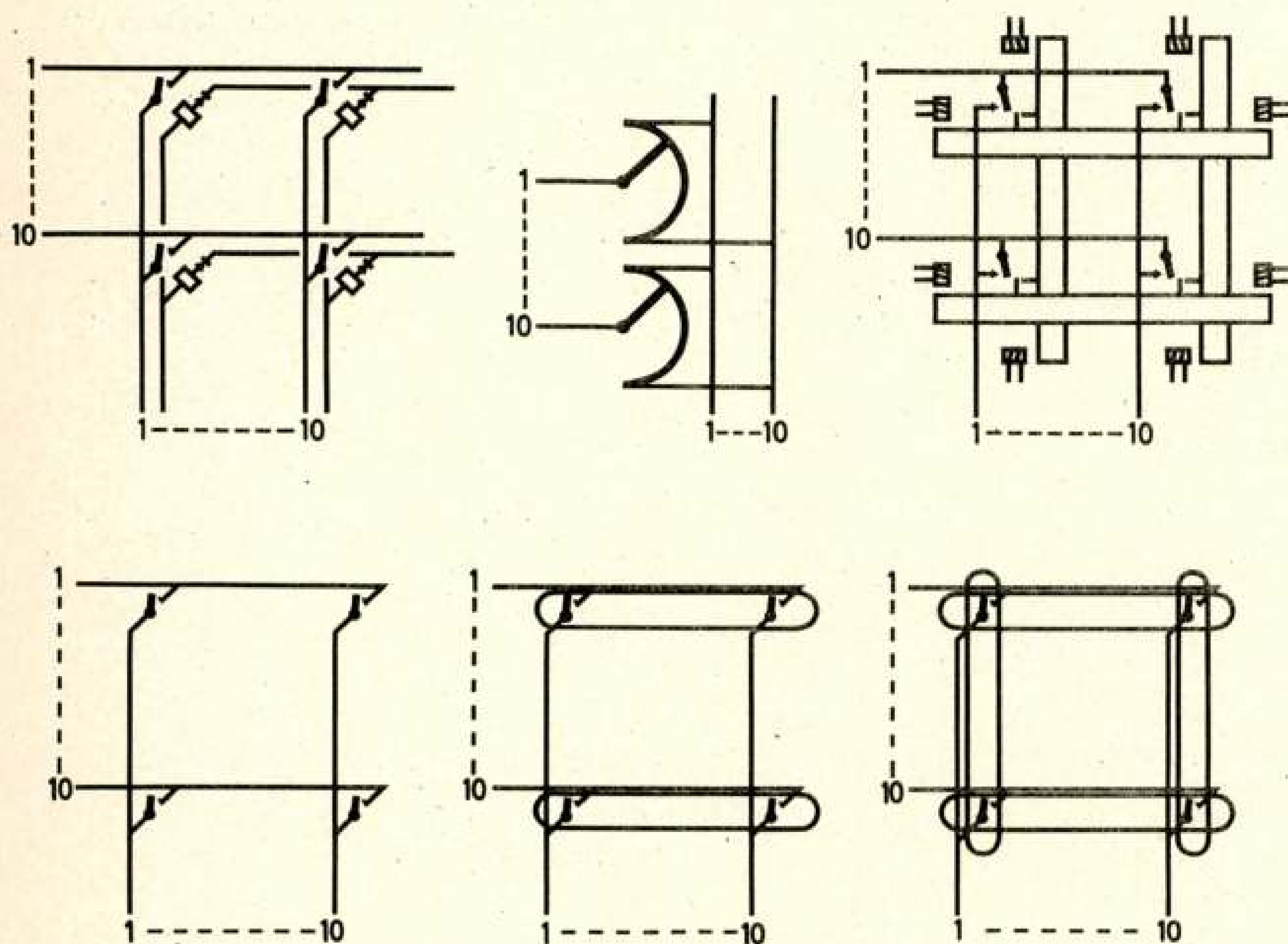


Fig. 1. Evolutie van matrices met individuele kruispunten, via multipels met ééndimensionale kiezers naar kruisstangschakelaars.

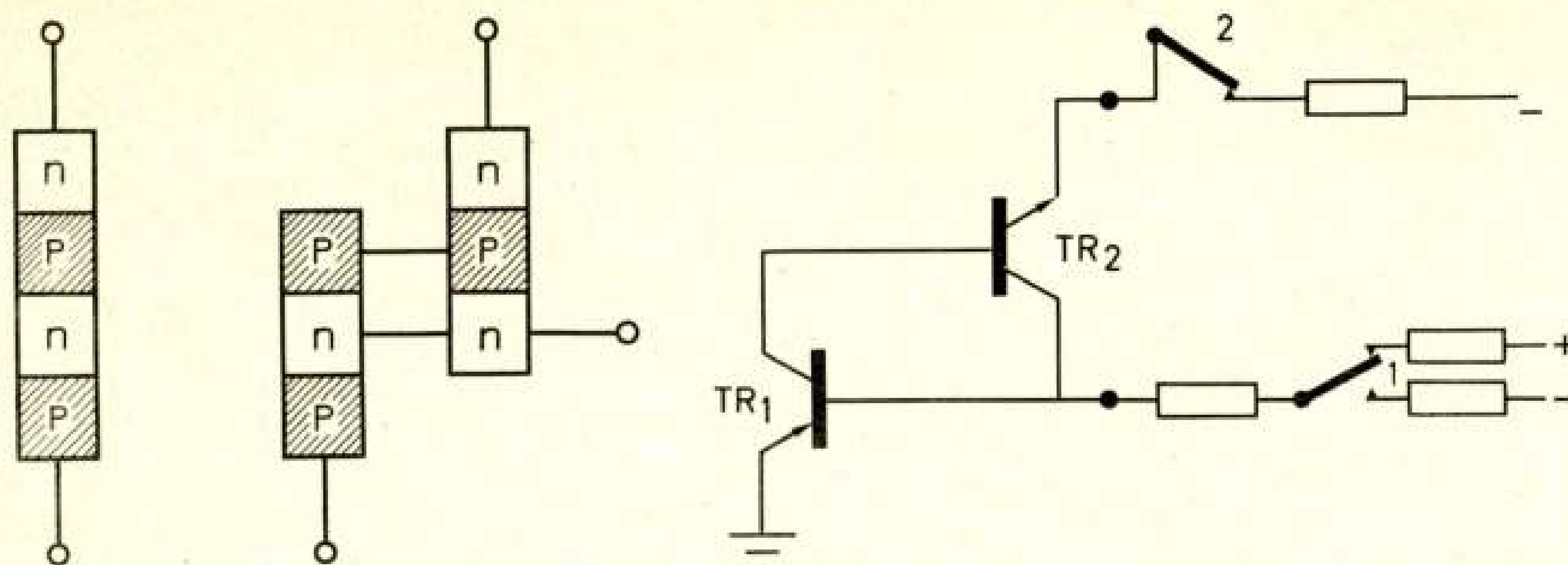


Fig. 2. De vierlagentransistor PNPN, die beschouwd kan worden als een geïntegreerde schakeling, bestaande uit een PNP en een NPN transistor.

gezocht naar mogelijkheden om dit nieuwe element te gebruiken voor het kruispunt van een volledig elektronische telefooncentrale.

Om de geheugenfunctie van het kruispunt te verkrijgen, zou men eigenlijk twee transistoren moeten gebruiken, bijv. in een trekker- of flipflop-schakeling. Bij N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie stelt Heetman voor om een vierlagentransistor, de PNPN, te gebruiken, die deze geheugenfunctie reeds van nature bezit [6]. Men kan de PNPN-transistor beschouwen als te zijn samengesteld uit twee transistoren, nl. een PNP en een NPN transistor. Deze vormt daarom één van de oudste, zo niet de oudste geïntegreerde halfgeleiderschakekeling (fig. 2).

Bij het verbinden van de collector met een negatieve, de basis met een positieve en de emitter met aardpotentiaal, zal het element vrijwel geen stroom geleiden. Door nu met de basis een negatieve spanning te verbinden wordt TR1 (PNP) geleidend. Daardoor wordt de niet naar buiten uitgevoerde basis van TR2 (NPN) positief t.o.v. de emitter. Hierdoor wordt ook TR2 geleidend en wordt de basisstroom van TR1 gehandhaafd, ook na het weer aanbrengen van de positieve basisspanning. TR1 onderhoudt de basisstroom van TR2, terwijl TR2 de basisstroom onderhoudt van TR1.

Een aantal van deze kruispunten, in iedere kiestrap één, kunnen aldus in serie gehouden worden. Het element zal nu geactiveerd blijven totdat de collectorstroom een korte tijd onderbroken wordt. Het element zal daarna gedeactiveerd blijven totdat een impuls met negatieve spanning op de basis het element weer activeert.

Het element heeft een lage differentiaalweerstand in geactiveerde toestand. In gedeactiveerde toestand werkt de met een positieve potentiaal verbonden basis als een schermelektrode die het overspreken via de niet-geactiveerde kruispunten te verwaarlozen klein maakt. De geheugenfunctie, lage doorlaatweerstand en goede afscherming tegen overspreken maken de PNPN-transistor tot een ideaal halfgeleiderkruispunt.

Zoals we reeds in fig. 1 gezien hebben, komen de kruispunten in matrices voor; eens zal de halfgeleidertechniek zover gevorderd zijn, dat een gehele matrix van bijv. 10 bij 10 kruispunten als één geïntegreerde schakeling vervaardigd kan worden.

Het voorgestelde spreeknetwerk bleek zeer goed uitvoerbaar. Bij een vorige gelegenheid hebben wij aan de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het Genootschap van Ingenieurs der PTT een laboratoriumcentrale volgens dit principe getoond [7, 8, 9]. Na de voltooiing van deze laboratorium-centrale bleken voldoende perspectieven aanwezig om een centrale te ontwikkelen voor het uitvoeren van een bedrijfsproef in werkelijke telefoonnetten. Van dit type zullen binnenkort 2 centrales, t.w. in Utrecht en Aarhus in Denemarken, in dienst genomen worden. [2]) De centrales zijn niet bedoeld als voorlopers van een grote fabricageserie, doch zijn enerzijds gewenst om de waarde van de PNPN-transistor als kruispunt te bepalen en anderzijds in niet mindere mate om ervaring op te doen met de nieuwe exploitatiemogelijkheden van een elektronische besturing. De in de elektronische telefooncentrale gebruikte oplossingen zijn zo verschillend van de thans gebruikelijke en de knelpunten zijn van tevoren zo slecht te overzien, dat niet verwacht mag worden dat men ineens midden in de roos kan schieten.

De ervaringen, opgedaan bij de ontwikkeling en bij de bedrijfsproef, zullen de basis vormen van een definitief ontwerp. Wij zijn dan ook zeer dankbaar dat het Staatsbedrijf der PTT ons in staat gesteld heeft om de bedrijfsproef in Utrecht te houden. Daar wij in een volgende bijeenkomst van dit gezelschap in de gelegenheid zullen zijn om gedetailleerd over deze proefcentrale te vertellen, wil ik mij thans zoveel mogelijk beperken.

In vergelijking met elektromechanische schakelmiddelen, heeft het PNPN-kruispunt de voordelen van geringe omvang, geen slijtage, de afwezigheid van storingen door stof en slijtageprodukten, laag stoorniveau, geen aantasting door atmosferische invloeden en grote schakelsnelheid. Daarnaast bezit het toch een aantal nadelen voor het gebruik in de lokale centrale. Deze hangen ten nauwste samen met de signalering op de abonneelijnen.

Hiertoe behoort de gelijkspanningssignalering waarmede de abonnee begin en einde van de verbinding aangeeft en zijn wensen met betrekking tot de op te bouwen verbinding kenbaar maakt. Daar de geheugenfunctie van de kruispunttransistor direct samenhangt met de ononderbroken gelijkstroom, kan het kruispunt niet direct in serie met de lijnstroom geplaatst worden. Om het spreekwegennet te scheiden van het kabelnet, is in de abonneestroomloop een transformator aangebracht, zoals in fig. 3 getoond wordt. Deze transformator TR1 heeft het voordeel, dat een enkeldraadsspreekwegennet gebruikt kan worden, waardoor het aantal gebruikte PNPN-transistoren gehalveerd wordt. Daarnaast heeft de transformator echter een aantal nadelen. Hij is duur en draagt bij tot de transmissiedemping en het overspreken. De reeds genoemde gelijkstroomsignalering wordt niet zonder meer overgedragen door deze transformator.

Ten behoeve van deze overdracht wordt de gelijkstroomtoestand omgezet in een wisselstroom van laag niveau met een frequentie van 20 kHz. De kiesinformatie, afkomstig van de kiesschijven, kan op deze wijze ongehinderd de kiesinformatieontvangers (registers) bereiken; de lijnstroomonderbreking die

[2]) Deze centrales zijn inmiddels met goed gevolg in dienst genomen. De centrale te Aarhus op 9 sept. '67 en de centrale te Utrecht op 9 nov. '67. [14, 15, 16, 17, 18]

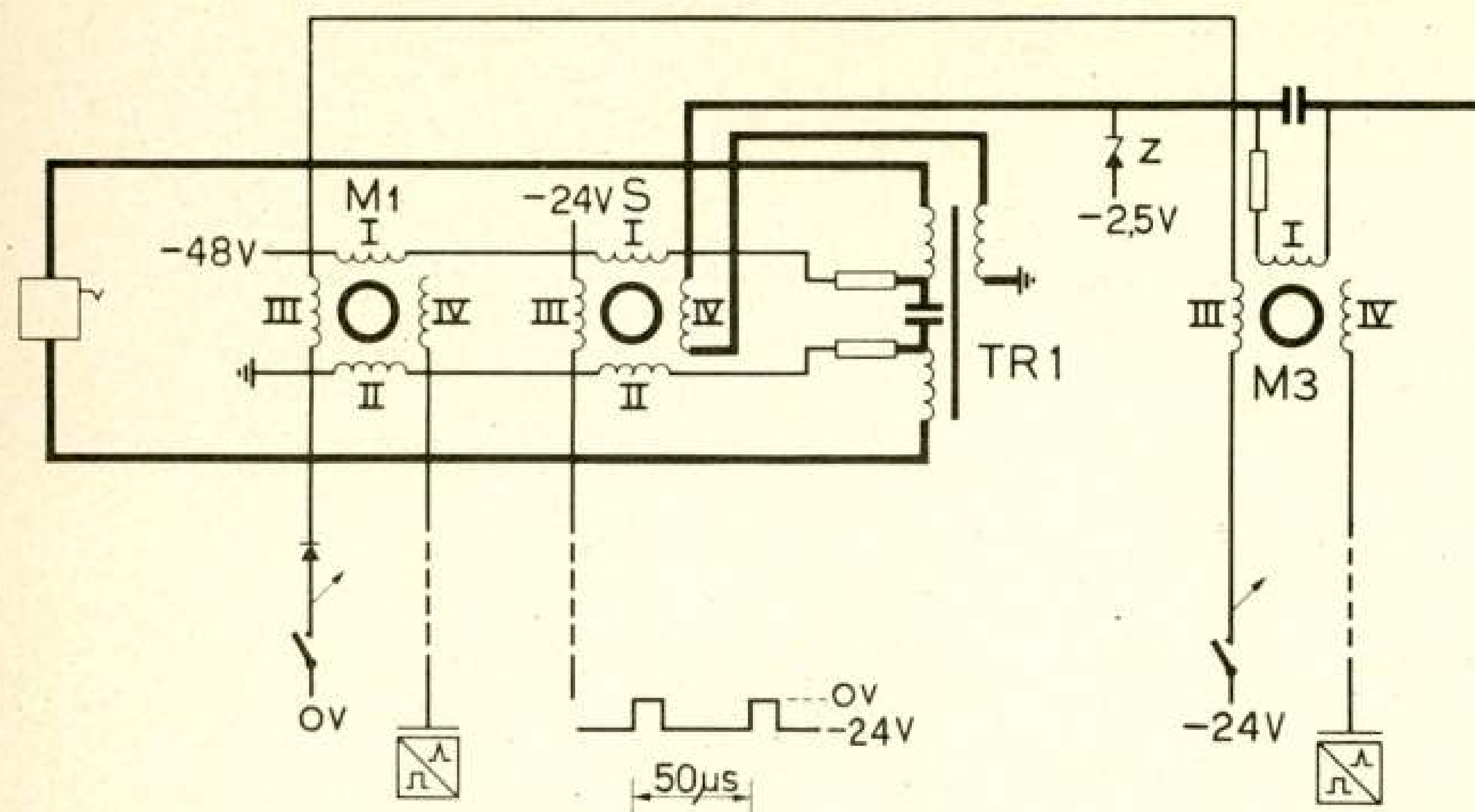


Fig. 3. Abonneestroomloop van de PNPN-centrale.

de wens tot beëindiging van het gesprek aangeeft, wordt op deze wijze doorgegeven naar de verbindingsstroomlopen.

In de schakeling van fig. 3 geschiedt deze omzetting van gelijkstroomtoestand in een wisselspanning van laag niveau door middel van een bewikkelde ferrietring (S), die door de lijnstroom bekrachtigd wordt. Impulsen, afkomstig van een gemeenschappelijke impulsbron, bekrachtigen de ring via een afzonderlijke wikkeling in tegengestelde richting en doen met een frequentie van 20 kHz de richting van de magnetisatie omkeren. Hierdoor wordt via een vierde wikkeling een wisselspanning geïntroduceerd in het spreeknetwerk. Wanneer geen lijnstroom aanwezig is, wordt geen wisselspanning geïnduceerd.

De abonneestroomloop wordt in fig. 4 getoond. Bij de beoordeling van de constructie moet men bedenken, dat het een proefcentrale betreft. De constructie voldoet aan de kwaliteitseisen, doch is niet verder ontwikkeld voor massafabricage.

Ook de wisselspanning van 25 Hz, 90 V, die dient voor het wekken, is niet erg geschikt om over elektronische kruispunten geleid te worden. Bovendien zou voor de overdracht van deze wekspanning de transformator in de abonneestroomloop belangrijk groter moeten zijn dan die, getoond in fig. 4. De wekspanning is daarom vervangen door een toonsignaal van laag niveau, bestaande uit afwisselend een 900 Hz en een 1100 Hz toon, die in het telefoontoestel versterkt wordt en door een speciale telefooncapsule hoorbaar wordt gemaakt.

De problemen met betrekking tot het overspreken in het enkeldraads spreekwegnetwerk konden zodanig worden opgelost, dat de overspreekdemping groter is dan 73 dB, terwijl in 90% van de verbindingscombinaties de overspreekdemping groter is dan 80 dB. Voor dit overspreken levert de enkeldraads transmissieweg nog slechts een bescheiden bijdrage. Een groot gedeelte wordt veroorzaakt door het spreidingsveld van de transformator in de abonneestroomloop.

Een spreekwegnetwerk van 4 kiestrappen geeft ongeveer 1,5 dB demping. De grootste bijdrage tot deze demping levert de transformator in de abonneestroomloop. Het resterende deel is afkomstig van de parallelweerstanden, die nodig zijn om een stabiele instelling van PNPN-transistoren te verkrijgen. Slechts een klein gedeelte van de demping wordt veroorzaakt door de weerstand van de geactiveerde PNPN-transistoren [10].

Bij de genoemde voorzieningen van abonneetoestel en abonneestroomloop, komt nog enig protectiemateriaal om het elektronische kruispunt tegen hoge spanningsimpulsen op de abonneelijn te beveiligen. Deze extra voorzieningen vormen gezamenlijk een handicap voor het PNPN-kruispunt om in de lokale centrale te kunnen concurreren tegen een elektromechanisch kruispunt. Grote prijsreducties in de toekomst zijn door de aard van de extra voorzieningen niet te verwachten. De bovengenoemde bezwaren gelden niet alleen voor het PNPN-kruispunt, doch in het algemeen voor elektronische kruispunten.

Het gebruik van het elektronische kruispunt in de lokale centrale is des te minder aanlokkelijk, omdat het 'reed'-relais een veel gevaarlijker concurrent is dan de thans gebruikelijke elektromechanische onderdelen. De kansen voor een elektronisch kruispunt in de telefooncentrale zouden belangrijk worden vergroot door een omwenteling in de signalering op de lokale abonneelijn en in de werking van het telefoontoestel. Daar men in het overgangsstadium jarenlang moet aanpassen aan de

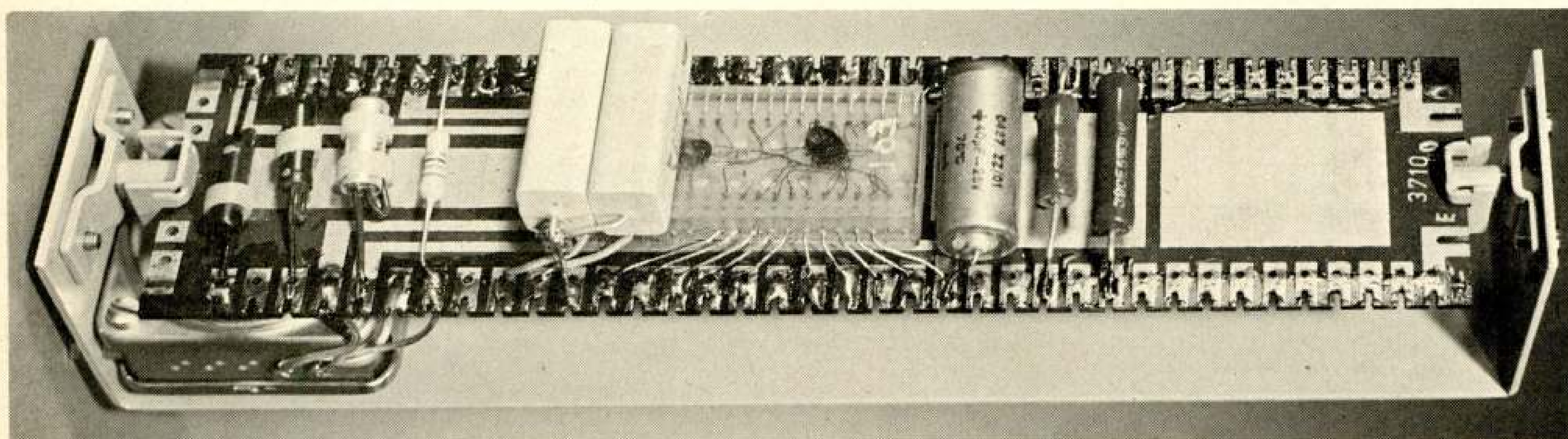


Fig. 4. Fotografische afbeelding van een abonneestroomloop.

bestaande situatie dienen grote economische voordelen aanwezig te zijn, die evenwel niet aantoonbaar zijn.

In bovenstaande waardering van het PNPN-kruispunt is de nadruk gelegd op de lokale centrale. In een interlokale centrale gelden bovengenoemde bezwaren niet, omdat alleen wisselstroomsignalen van laag niveau en geen gelijkstroomsignalen en wisselstroomsignalen van hoog niveau overgebracht behoeven te worden. Immers de aangesloten draaggolfapparauur beveiligt de centrale tegen overspanningen en een constante demping in het vierdraads spreekwegennet is minder bezwaarlijk. Het PNPN-kruispunt is dus wel een mogelijkheid voor de interlokale centrale van de toekomst, waarschijnlijk in concurrentie zowel met elektromechanische kruispunten als met de combinatie van impulscodemodulatie-transmissielijnen en 'time-division' centrales. Hier is dus een gecompliceerde strijd-op-punten te verwachten tussen het reed-relais, het PNPN-kruispunt en het elektromechanische kruispunt.

2.2. *Moderne elektromechanische kruispunten*

Terugkerend naar onze eerstgenoemde strijd-op-punten, willen wij memoreren, dat ir. van Eijk in zijn lezing [1] van 11 oktober 1966 reeds de wijze van puntentelling heeft onderverdeeld:
a. prijs
b. ruimte-eisen
c. nieuwe mogelijkheden voor abonnees
d. nieuwe mogelijkheden voor het telefoonbedrijf
Bij de strijd, welk kruispunt of schakelaar de voorkeur verdient, zijn het voornamelijk de onder a. en b. genoemde punten, aangevuld met eisen betreffende dissipatie, demping, ruis, stoorgevoeligheid en stabiliteit, die de doorslag geven. De onder c. en d. genoemde criteria hebben meer betrekking op de besturing.

Tegenover de omstreeks 1950 gebruikte elektromechanische relais en kiezers, die voor een belangrijk deel nog ambachtelijk werden vervaardigd, leken de kansen van in grote massa vervaardigde elektronische onderdelen zeer goed. Dat het in grote aantallen vervaardigen zonder directe menselijke tussenkomst niet noodzakelijk samengaat met elektronisch, werd door ons onderkend toen wij de mogelijkheid onderzochten om elektromechanische onderdelen op dezelfde wijze automatisch te vervaardigen als reeds geschiedt bij onderdelen als weerstanden condensatoren, dioden en transistoren. Hiervoor is een eenvoudige structuur een eerste vereiste. Deze structuur is bij de reed-capsule aanwezig. Dit in glas ingesmolten contact is ongevoelig voor stof, in alle standen monteerbaar, stabiel, kan worden opgeborgen als een elektronisch onderdeel, kan en behoeft niet te worden gejusteerd.

Voor de fabrikant, die systemen assembleert, is het dus een onderdeel als de elektrische en elektronische. Hetzelfde geldt ook voor de onderdelenfabrikant, die het net als een halfgeleiderdiode, in grote aantallen sterk gemechaniseerd kan vervaardigen. Voor een concern als Philips, dat een zeer langdurige ervaring heeft met het insmelten van metalen delen in glas en met de massaproduktie van dergelijke onderdelen, is dus deze reed-capsule – waaraan ir. Schuringa de volgende voordracht zal wijden – een zeer aantrekkelijke component [11].

Ook voor het onderhoud van telefooncentrales wijkt het reed-contact niet kenmerkend af van de andere elektrische en elektronische onderdelen. Men kan zelfs verdedigen, dat de reed-capsule – in het gebruik niet van een elektronisch onderdeel te onderscheiden – een elektronisch onderdeel genoemd kan worden. Gezien het bovenstaande zal het spreekwegnetwerk – althans in de lokale netten – voor afzienbare tijd wel gebaseerd blijven op een grotendeels elektromechanische techniek. Naast de elektromechanische onderdelen zal evenwel toch een groot aantal elektronische onderdelen gebruikt worden, zoals selectie-dioden. Ook in de spreekwegorganen en in de markeerorganen zal meer elektronica dan tot nu toe gebruikelijk, worden toegepast.

Naast kruispunten op basis van de reed-capsule, worden als bouwstenen voor het spreekwegnetwerk ook miniatuur kruisstangschakelaars voorgesteld. Ten opzichte van de spreekwegnetwerken met reed-contacten die voor elk contact een apart onderdeel nodig hebben, zouden deze schakelaars het economische voordeel bezitten dat het aantal onderdelen geringer is, omdat bepaalde onderdelen meer dan één functie vervullen. Daar staat tegenover, dat de fabricageseries bij de reed-capsule een orde groter zijn, te meer daar reed-capsules een groot toepassingsgebied buiten de automatische telefonie hebben. Verregaande mechanisering en automatisering worden zodoende mogelijk. Bovendien is bij reed-kruispunten het aantal rijen en kolommen veel vrijer te kiezen dan bij kruisstangschakelaars.

Over de waarde van geheel van atmosferische invloeden afgesloten contacten kan men verschillend oordelen. Ongetwijfeld kan men met open contacten telefooncentrales ontwerpen, die geheel aan de te stellen eisen voldoen. Toch is men de laatste jaren enige malen met open contacten in moeilijkheden gekomen door het optreden op grote schaal van onbekende effecten, afkomstig van nieuwe luchtverontreinigingen. Gelukkig blijkt het mogelijk de hinder van deze effecten, zoals het 'bruine poeder' en het 'coca cola effect' tot een minimum te beperken, door bij het ontwerp met deze effecten rekening te houden en door bij fabricage, installatie en onderhoud voldoende voorzorgen te nemen.

Daar de luchtverontreiniging toeneemt, zowel in kwantiteit als in verscheidenheid, zal er een zekere voorkeur bestaan voor gesloten contacten. Het snellere reed-contact past zich eveneens beter bij de elektronische besturing aan. Een definitief oordeel is in dit stadium erg moeilijk, daar de onderlinge zwaarte van de verschillende argumenten niet te overzien is.

3. De besturing

Hoewel voor het spreekwegnetwerk van de lokale centrale voorlopig geen aanvaardbare volledig elektronische oplossing ter beschikking staat, is dit wel het geval voor de besturing. Men ziet dan ook algemeen dat de centrales, die thans ontworpen worden, een elektromechanisch spreekwegnetwerk combineren met een volledig elektronische besturing.

Reeds bij de elektromechanische centrales was een streven naar centralisatie merkbaar, waarbij registers, instel- en markeerstroomlopen gedurende de opbouwperiode aan de spreekweg geschakeld werden, om zodoende de spreekwegorganen met minder functies en dus goedkoper te kunnen maken. De invoering van elektronica in de besturing, met zijn snelle schakelingen en voor slijtage-ongevoelige onderdelen, heeft tot gevolg, dat de centralisatie nog verder zal worden doorgevoerd.

Ook de eigenschap, dat de gebruikte geheugens, in het algemeen dus kerngeheugens, per bit goedkoper worden naarmate ze meer gecentraliseerd worden, heeft grote invloed op de centralisatie.

In het begin ziet men voorstellen, waarbij gedeeltelijk elektromechanische, gedeeltelijk elektronische registers toegang hebben tot een elektronische nummeronderzoeker, zoals dit is toegepast bij het interlokale vierdraads systeem UV [12] van Philips. De registers zenden de ontvangen kiesinformatie 'en

bloc' naar de nummeronderzoeker, die de gekozen cijfers vertaalt in:
- een tarief,
- een routering in de eigen centrale,
- een startmoment,
- een aanwijzing met welk cijfer het doorzenden van de kiesinformatie dient te beginnen,
- aanwijzingen over de te verwachten lengte van het gekozen nummer,
- aanwijzingen dat een mogelijkheid van overloop aanwezig is.

Deze gegevens worden door de nummeronderzoeker teruggezonden naar het betrokken register. Indien de kiesinformatie, die de registers naar de nummeronderzoeker zenden, niet voldoende is om het onderzoek te kunnen voltooien, wordt zulks gemeld aan het register. Dit zal nu na ontvangst van het volgende cijfer de informatie opnieuw aanbieden, net zo lang, totdat voldoende cijfers aanwezig zijn om het onderzoek te kunnen voltooien.

De registers zijn nu eenvoudiger geworden. Toch is nog vrij veel geheugenruimte nodig om de kiesinformatie en de door de nummeronderzoeker teruggezonden informatie te bewaren. Het voornaamste voordeel ligt in de exploitatie: alle gegevens, die aan wijzigingen onderhevig zijn, komen alleen in de nummeronderzoeker voor. De nummeronderzoeker is om redenen van bedrijfszekerheid verdubbeld. Bij wijziging van gemelde gegevens behoeven in plaats van een aanzienlijk aantal registers slechts de twee nummeronderzoekers gewijzigd te worden. Indien het translatiegeheugen van een nummeronderzoeker een kerngeheugen is, kan de wijziging zelfs zonder soldeerbout en door middel van afstandsbesturing geschieden.

Een volgende stap naar verdere centralisatie zou de ontwikkeling zijn van een nummeronderzoeker, waarin tevens de kiesinformatie van alle registers gezamenlijk wordt bewaard. Bij een daarop volgende stap zal de informatie van de nummeronderzoeker – bestemd voor de markeerstroomlopen – niet meer via de registers, doch rechtstreeks aan de markeerstroomlopen worden toegevoerd. De verbindingsmogelijkheid registers-markeerstroomlopen wordt hiermede overbodig. Men kan nu beter van een centrale besturing spreken.

In het geheugen van deze centrale besturing worden dus bewaard:
- de kiesinformatie,
- de gegevens, behorende bij de nummeronderzoekfunctie en
- de gegevens, nodig voor het vaststellen van de spreekweg door de centrale.

Behalve voor het bewaren van bovengenoemde informatie, wordt het geheugen van de centrale besturing gebruikt voor het bewaren van de associatiegegevens. Deze geven aan welke lijnstroomlopen, voedingsstroomlopen en overdragers tijdelijk – voor de duur van het gesprek – met elkaar een associatie vormen. Deze associatiegegevens zijn zeer belangrijk in een moderne centrale, waar immers niet zichtbaar is welke kruispunten geactiveerd zijn. Het terugzoeken van een geblokkeerde verbinding, verbinding u in fig. 5, zou zonder de associatiegegevens nog een tijdrovender zaak worden dan nu met elektromechanische schakelaars al het geval is.

Door deze associatiegegevens bij de instelling van de verbinding vast te leggen in het kerngeheugen, kan met een bericht op de verreschrijver deze informatie direct worden opgevraagd. In principe kan dit dus gedaan worden op afstand. Dit opent het perspectief dat het terugzoeken van een geblokkeerde verbinding, die van de ene zijde van Nederland naar de andere over verscheidene centrales is ingesteld, uit één onderhoudscentrum kan geschieden!

Voor nog andere doeleinden zijn deze associatiegegevens nodig. In het kader van de verdere centralisatie zal men in de lokale centrale ook de gesprekkentelling onderbrengen in de centrale besturing, waardoor de elektromechanische gesprekkentellers kunnen verdwijnen. In het geheugen van de centrale besturing zijn per abonnee een aantal plaatsen gereserveerd om het aantal telimpulsen te registreren. Bij de uitgaande interlokale verbinding u van fig. 5 zullen de telimpulsen, opgewekt in de interlokale centrale, worden ontvangen in de uitgaande overdrager UO. Door een aanwijsschakeling wordt deze telimpuls gedetecteerd en met het adres van de uitgaande overdrager UO via het transmissiesysteem doorgegeven naar de centrale besturing. Uit de associatiegegevens blijkt met welke voedingsstroomloop AV en met welke abonnee de uitgaande overdrager verbonden is. Met behulp van het abonneenummer worden de telgegevens van die abonnee uit het geheugen gelezen, met één vermeerderd en daarna op dezelfde plaats teruggeschreven.

Per abonnee zijn tevens een aantal geheugenelementen aanwezig waarin de kenmerken van die abonnee zijn vastgelegd. Met behulp van het bovengemeld abonneenummer kunnen deze kenmerken worden gelezen. Mocht hierin vermeld staan, dat die abonnee thuis een kostenteller bezit, dan wordt via het transmissiesysteem en een aanwijsschakeling aan de voedingsstroomloop AV van de verbinding de instructie gegeven om een 50 Hz signaal in cailho naar de abonnee te zenden. Indien evenwel uit de associatiegegevens blijkt, dat de uitgaande overdrager niet via een AV verbonden is met een abonnee, maar met een inkomende overdrager I0 – de transitverbinding t – dan zal met behulp van transmissiesysteem en aanwijzer de inkomende overdrager opdracht krijgen een telimpulssignaal op te wekken.

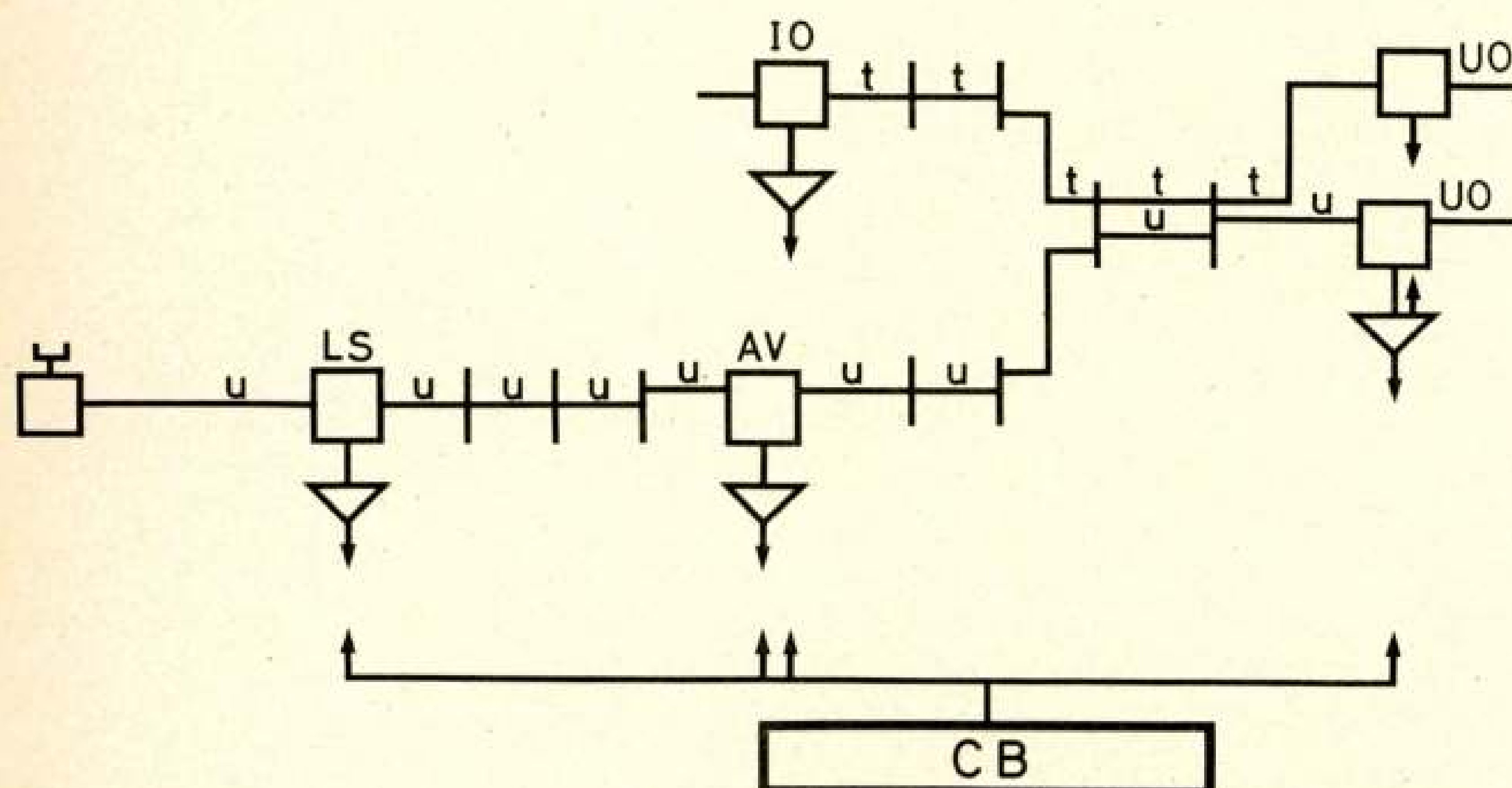


Fig. 5. Spreekwegnetwerk met matrices van individuele kruispunten waarin uitgaande verbinding u en transitverbinding t getekend zijn.

Door alle signaleringsoverdrachten tussen IO en UO op deze wijze te doen plaatsvinden, wordt het extra voordeel verkregen dat de centrale in staat is twee signaleringssystemen met elkaar te verbinden zonder ingewikkelde vertaaloverdragers.

De reeds genoemde abonneekenmerken kunnen op vele wijzen dienstbaar gemaakt worden aan de bedrijfsvoering. Zowel bij een oproep van een abonnee als bij het tot stand brengen van een verbinding naar een abonnee worden deze abonneekenmerken geraadpleegd. De abonnee kan op deze wijze uitgesloten worden van internationaal en interlokaal verkeer of uitgesloten van alle verkeer. In het laatste geval wordt bij een inkomende verbinding informatietoon gegeven aan de oproeper. Ook vindt de besturing hier aanwijzingen over meervoudsaansluitingen, huiscentrales met doorkiezen, enz. De nieuwe mogelijkheden voor de abonnees, die door ir. van Eijk genoemd zijn [1], komen tot stand met behulp van deze abonneekenmerken.

Men kan de centrale besturing van een telefooncentrale beschouwen als een gespecialiseerde rekenmachine. Het ontwerp zal daarom sterk worden beïnvloed door dat van de huidige elektronische rekenmachines. Men zal dan ook de werking voor een belangrijk deel vastleggen in programma's, zoals ir. Meulemans vermeldde in zijn voordracht van 11 oktober 1966 [13]. Deze programma's worden bewaard in het geheugen van de centrale besturing naast de kiesinformatie, de abonneecriteria en de gegevens voor nummeronderzoek, spreekweginstelling, associatie en gesprekkentelling.

De nodige grootte van het geheugen van de centrale besturing varieert zeer met de capaciteit van de centrale, de gevraagde analyses, de bijzondere faciliteiten, enz. Als men altijd de maximale geheugencapaciteit aanbracht, zou er een kostbare centrale ontstaan. Daarom is het geheugen onderverdeeld in een aantal gelijke blokken en kan de capaciteit van het geheugen in stappen uitgebreid worden. De indeling van de beschikbare geheugencapaciteit over de bovengemelde catagorieën kan vrij gekozen worden; zij wordt door het programma bepaald. Hierdoor ontstaat grote flexibiliteit.

Voor de elektronische schakelingen, die tezamen met het kerngeheugen de centrale besturing vormen, komen naast losse onderdelen, geïntegreerde halfgeleiderstroomlopen steeds meer in aanmerking. Samenvattend kan gesteld worden, dat in de hierboven geschetste centrale besturing voor de telefoonadministratie een aantal nieuwe mogelijkheden ontstaan zijn, die kunnen worden samengevat in 'beheer op afstand'. Op afstand, eventueel vanuit één onderhoudscentrum per district, kan men abonnees aansluiten en afsluiten, tellerstanden opvragen, verkeersmetingen doen, testverbindingen opbouwen via aangewezen organen, organen blokkeren, associatiegegevens opvragen, bedrijfsobservatie uitvoeren, enz.

De organen van deze centrales hebben geen klinken, lampen of blokkeertoetsen meer. Het blokkeren geschiedt met een verreschrijver die de centrale besturing een instructie geeft. Evenzo wordt de bezettoestand van de organen opgevraagd en door de verreschrijver afgedrukt.

Ook voor de alarmering van fouten in de organen zal men gebruik maken van de verreschrijver, die tevens aanwijzingen zal geven voor de foutlokalisatie. Op deze wijze zal het logboek van de centrales van een district voor een groot gedeelte door de verreschrijver in het onderhoudscentrum geschreven worden.

Een zo grote verandering in de bedrijfsvoering doet de behoefte gevoelen aan een bedrijfsproef. Een goed ontwerp kan niet gemaakt worden zonder een grote bijdrage van de zijde der PTT, die nu door een dergelijke proefcentrale de gelegenheid krijgt zich volledig op de nieuwe mogelijkheden te oriënteren. Daarnaast is ook de wijze van fouten zoeken en herstellen een geheel andere dan die in elektromechanische centrales, zodat ook om inzicht in deze problematiek te krijgen en vruchtbare discussies hierover te kunnen voeren, een proefcentrale zeer gewenst is.

Zoals reeds hiervoor genoemd, zullen deze bedrijfsproeven binnenkort in Aarhus en Utrecht beginnen. [3]) Bij de voorbereidingen zijn vele, nauwelijks te voorziene problemen naar voren gekomen en opgelost. In het proefbedrijf hopen we deze problematiek af te ronden.

4. Conclusie

Tot nu toe is de automatische telefonie een vakgebied geweest met geheel eigen elektromechanische bouwstenen en technieken, die weinig of geen toepassing vinden in de overige vakgebieden van de informatietechniek. Met de nu in ontwikkeling zijnde automatische telefoonsystemen, zal deze historisch gegroeide afzondering worden doorbroken, niet alleen doordat in de automatische telefonie elektronische bouwstenen en technieken worden toegepast, doch ook doordat een nieuwe elektromechanische bouwsteen, de reed-capsule, zeker ook in de andere verwante vakgebieden zijn toepassing zal vinden.

Door de toepassing van deze nieuwe technieken zal de bedrijfsvoering van de automatische telefooncentrale ingrijpend gewijzigd worden, waarbij een aantal beheersfuncties geautomatiseerd en in op afstand gelegen onderhoudscentra geconcentreerd kunnen worden.

[3]) Deze bedrijfsproeven zijn inmiddels aangevangen.

Literatuur

[1] v. Eijk, W.: Semi-elektronische telefoonsystemen I. Algemene Inleiding, *De Ingenieur*, Jaargang 79 nr. 34, blz. E 131, '67.

[2] Oberman, R. M. M.: The bridge marker key automatic switching system. Dissertatie Delft 1947.

[3] Den Hertog, M. and Kruithof, J.: Principles of 7E Rotary Telephone Switching System, Electrical Communication, Vol. 33, no. 3, p. 195, 1956.

[4] Domburg J. en Six, W.: Een gasontladingsbuis met koude kathode als schakelelement in de automatische telefonie. Philips Technisch Tijdschrift, Vol. 15 p. 285, 1953.

[5] Keister, W., Ketchledge R. W. and Lovell C. A.: Morris Electronic Telephone Exchange. Proceedings IEE. Vol. 107 B, suppl. 20, 1960.

[6] Patent Nederland, no. 98962. België 560.118. Duitsland 1.034.221. Engeland no. 849.872. Frankrijk 1.192.946. V.S. 3.020.353, aanvraag ingediend 16 Augustus 1956.

[7] Heetman, A.: An experimental space division telephone exchange. Proceedings IEE. Vol. 107 B, suppl. 20, 1960, p. 280.

[8] Grosser H. K. M.: Electronic Telephone Exchanges: What have we done so far? Philips Telecommunication Review. Vol. 23, no. 2, p. 53, 1962.

[9] Heetman, A.: The switching network in an experimental electronic telephone exchange.

[10] De Kroes, J. L.: Switching network using PNPN transistors. Colloque International de Commutation Electronique, 1966, p. 189.

[11] Schuringa, T. M.: Reed-contacten voor telefonie. *De Ingenieur*, Jaargang 80, nr. 33 blz. ET 112, 1968.

[12] De Raaff, J. P.: Het automatische interlokale telefoonsysteem, type UV, *De Ingenieur*, Jaargang 79, nr. 38, blz. E 153, 1967.

[13] MEULEMANS, J. A.: Semi-elektronische telefoonsystemen II. Enkele schakeltechnische aspecten van moderne telefoonsystemen. *De Ingenieur*, Jaargang 79, nr. 34, blz. E 133, 1967.
[14] DE KROES, J. L.: At the Threshold of a New Era. Teleteknik, English Edition, Vol. XI, no. 2, p. 70, 1967.
[15] ARLEV, P. V.: ETS 3 a JTAS-PHILIPS Joint-Project. Teleteknik, English Edition, Vol. XI, no. 2, p. 79, 1967.
[16] HANSEN, PHILIP: Experience with ETS 3. Teleteknik, English Edition, Vol. XI, no. 2, p. 80, 1967.
[17] HANSEN, PHILIP and POULSEN, SWENN.: Demonstration of ETS 3 via CCTV. Teleteknik, English Edition, Vol. XI, no. 2, p. 83, 1967.
[18] BLOM, J., DE KROES, J. L. en SMIT, W.: Fully Electronic Telephone Exchange for Practical Trials. Proceedings IEEE 1968, International Conference on Communication.

621.395.64:621.395.34

II. Reed contacten voor automatische telefonie

door ir. T. M. Schuringa, N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie - Hilversum

Summary: *Reed contacts for telephony switching.*
It has been found that in most respects the voltage-coincidence method of operating crosspoints in switching matrices equipped with reed switches has advantages to offer compared with other methods.
The magnetic design of reed switches for voltage-coincidence matrices is arrived at from overall calculations and a great many measurements. Other aspects of their design are closely related to the production facilities. This is clearly the case with the dimensioning of the reed, the choice of the contact material and the manner in which the contact material is applied. The dimensions of the glass tube are largely determined by those of the reeds. The choice of the gas filling, its pressure and the contact gap will depend chiefly on the breakdown voltage required between the contacts.
The high reliability which is essential can only be achieved by highly automatic production. To justify the high capital expenditure which the latter involves, large-scale manufacture is essential.

1. Inleiding

Schakelapparatuur in een telefooncentrale bestaat in functioneel opzicht uit twee delen:
a. de apparatuur voor het opbouwen, bewaken en afbreken van verbindingen, samen te vatten onder de naam besturingsapparatuur en meestal uitgevoerd met elektromagnetische relais;
b. de verbindingsnetwerken waarin de besturingsapparatuur de gewenste verbindingen instelt en, afhankelijk van het type centrale, bestaande uit kruisstangschakelaars of draaikiezers.

Het blijkt zeer aantrekkelijk te zijn in de besturingsapparatuur de relais te vervangen door elektronische bouwstenen. Dit levert een winst op in bedrijfszekerheid, benodigde ruimte en schakelsnelheid, waardoor de exploitatie van telefooncentrales voordeliger wordt. Bovendien bieden aldus uitgevoerde telefooncentrales meer faciliteiten. Toepassing van halfgeleiders in de spreekwegennetwerken is echter vooralsnog niet goed mogelijk, vanwege bepaalde eisen die aan de spraakverbindingen worden gesteld.

Bij elektronische besturing van het spreekwegennetwerk moeten echter de schakelsnelheden in dit netwerk aangepast zijn aan die van de besturing. Dit is mogelijk door in het spreekwegennetwerk in plaats van kiezers of kruisstangschakelaars reed-contacten te gebruiken.

In dit artikel wordt uiteengezet welke eisen aan reed-contacten voor spreekwegennetwerken worden gesteld, welke eisen deze contacten stellen aan het principe van het spreekwegennet en wat de consequenties van deze eisen zijn voor het ontwerp van de reed-contacten en voor de fabricage.

2. Principe van reed-contact en kruispunt

Een reed-contact bestaat uit twee nikkelijzeren staafjes, tongen genaamd, die in een glazen buisje zijn opgesloten (fig. 1). Op

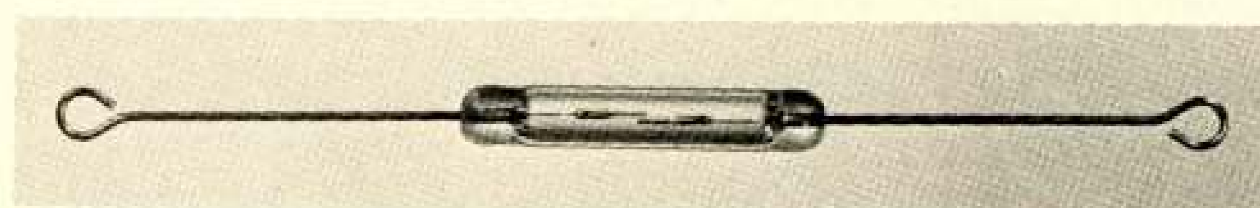


Fig. 1. Het Philips' reed-contact.

de uiteinden van de tongen, waar zij contact maken, is een speciaal contactmateriaal aangebracht. Bovendien is het glazen buisje gevuld met inert gas. Een of meer van deze reed-contacten, omgeven door een bekrachtigingsspoel, vormen een reed-relais (fig. 2). Onder invloed van een voldoende sterk magnetisch veld

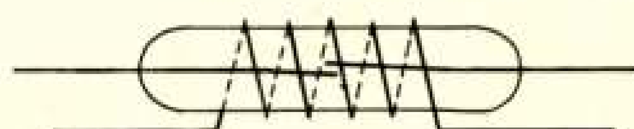


Fig. 2. Een stroom door een spoel rondom het reed-contact doet het contact sluiten.

bewegen de tongen naar elkaar toe en maken contact. Het magnetisch veld kan worden opgewekt door een stroom door de bekrachtigingsspoel te sturen. In plaats van een spoel kan ook een permanente magneet worden gebruikt. Zodra het veld verdwijnt gaan de tongen door de eigen veerkracht weer van elkaar. Het reed-contact kan dus in een elektrisch circuit een stroom in- en uitschakelen.

De reed-relais worden toegepast in de kruispunten van zogenaamde matrix-schakelaars, die dezelfde functies hebben als kruisstangschakelaars. De kruispunten worden aangewezen door de horizontale en verticale aanwijsmultipels. De besturing wijst telkens tegelijkertijd één horizontaal en één verticaal multipel aan. Daardoor wordt in de matrix één bepaalde relaisspoel 'in coïncidentie' bekrachtigd en maken de bijbehorende tongen contact. Elk spreekwegennetwerk is uit een aantal van deze matrixschakelaars opgebouwd.

3. Eisen aan kruispunten

Onafhankelijk van de uitvoeringsvorm kunnen ten aanzien van kruispunten in een matrix eisen worden geformuleerd, die algemene geldigheid hebben. Uiteraard is discussie mogelijk over het gewicht dat men aan verschillende eisen moet toekennen. Een in het algemeen belangrijke factor kan in bepaalde omstandigheden onbelangrijk worden. Moet bijv. uitbreiding van een telefooncentrale in bestaande ruimten plaatsvinden, dan kan de omvang van de benodigde apparatuur het voornaamste criterium voor de keuze zijn. In een nieuw gebouw spelen de apparatuurafmetingen natuurlijk een veel minder belangrijke rol.

Met voorbijgaan van dit soort problemen gelden voor reedrelais in kruispunten de volgende eisen.

3.1. Betrouwbaarheid

Een telefooncentrale met 10000 abonnees heeft ongeveer 200000 kruispuntrelais. Daarvan mogen gedurende de levensduur van 25 jaar, per jaar ten hoogste 4 kruispunten een reedcontact bezitten dat buiten de eisenspecificatie valt. Dit wil zeggen dat per jaar maximaal één fout op 100000 reed-contacten of één fout op 10^9 component-uren mag optreden.

3.2. Opkomtijd

Om enerzijds een gemeenschappelijk besturingsorgaan te kunnen toepassen en anderzijds de toegestane stagnatiekans niet te overschrijden moet de opbouw van een verbinding in het spreekwegennetwerk snel plaats kunnen vinden. De snelheid van opbouw wordt hoofdzakelijk bepaald door de opkomtijd van de kruispunten. Voor een middelgrote centrale moet deze opkomtijd ca. 1 ms bedragen. Deze eis maakt het noodzakelijk een tong met kleine massa te ontwerpen, hetgeen leidt tot een reed-contact met kleine afmetingen.

3.3. Afmetingen

Naarmate men de afmetingen van het reed-contact kleiner kiest zullen de fabricagekosten stijgen; bij grotere afmetingen zou de bekrachtigingsspoel groter worden en het kruispunt dus meer ruimte vergen; dit werkt ook weer kostenverhogend. Het goede compromis is gevonden in een reed-contact dat een glasbuis heeft met een lengte van 20 mm. De vrije lengte van de tong is 7 mm, de contactopening is 100 μm en de contactdruk 4 g. De dikte van de tong moet bovendien binnen zeer nauwe toleranties blijven. Dit is nodig omdat reeds bij een normale spreiding in de opkom-ampèrewindingen een nauwe tolerantie in de veerkracht van de tong wordt geëist en de veerkracht weer van de tongdikte afhangt.

3.4. Opkom-, houd- en afval-AW

De ampèrewindingen, nodig om een reed-contact te sluiten (opkom-AW) moeten zo laag mogelijk zijn. De houd-AW moeten nog weer lager zijn om de houd-energie te beperken. Dit is nodig voor spreekwegennetten waarin elektrisch houden wordt toegepast.

Het is aan te bevelen in elk kruispunt een magnetische afscherming aan te brengen. Magnetische velden van naburige kruispunten kunnen dan geen invloed uitoefenen op de contactdruk en dus op de overgangsweerstand. Ook heft deze afscherming de invloed van het aardmagnetisch veld op, dat anders bij rotatie van de contacten een variatie van 5 AW in de totale veldsterkte zou veroorzaken.

Het reed-relais dat op deze wijze voorzien is van een retourcircuit heeft de volgende AW-waarden:
gemiddelde opkom-AW: 28 AW,
gemiddelde afval-AW: 7 AW,
aanbevolen houd-AW: 20 AW.
Bij deze houd-AW is het reed-contact, in gesloten toestand, geheel verzadigd, zodat variatie van de magnetische flux en dus van de contactdruk vrijwel uitgesloten is.

3.5. Doorslagspanning

In het spreekwegennetwerk zijn de reed-contacten direct aangesloten op de abonneelijnen. Kortsluitstromen in sterkstroomkabels, stromen in bovenleidingen van elektrische tractie en bliksemontladingen induceren op deze lijn herhaaldelijk hoge spanningen. Zelfs in ondergrondse kabels worden soms spanningspieken van ca. 500 V gemeten.

Bij luchtlijnen hangen de spanningen, die tot het spreekwegennetwerk doordringen, af van het gebruikte type protector. Aangezien hiervoor als regel de koolblokprotector wordt toegepast, moet met spanningspieken tot ca. 800 V rekening worden gehouden. Voor een universeel bruikbaar reed-contact wordt daarom de eis gesteld dat de minimum doorslagspanning ca. 900 V moet bedragen. In verband met bijzondere bodemgesteldheid is deze eis in Zuid-Afrika en Zwitserland echter ca. 1500 V. Reed-contacten die aan deze eis voldoen kunnen zonder bezwaar zonder protectors aangesloten worden op abonneelijnen in ondergrondse kabels, doch bij luchtlijnen is steeds protectie noodzakelijk. De doorslagspanning van de contacten hangt af van de contactopening, de aard van het vulgas en de gasdruk. Het verband hiertussen wordt gegeven in de experimenteel gevonden wet van Paschen, die grafisch is weergegeven in fig. 3. Bij een contactopening van 100 μm en stikstof als vulgas moet de gasdruk 1,1 atm (11,1 N/cm^2) bedragen om een V_d van 900 V te verkrijgen.

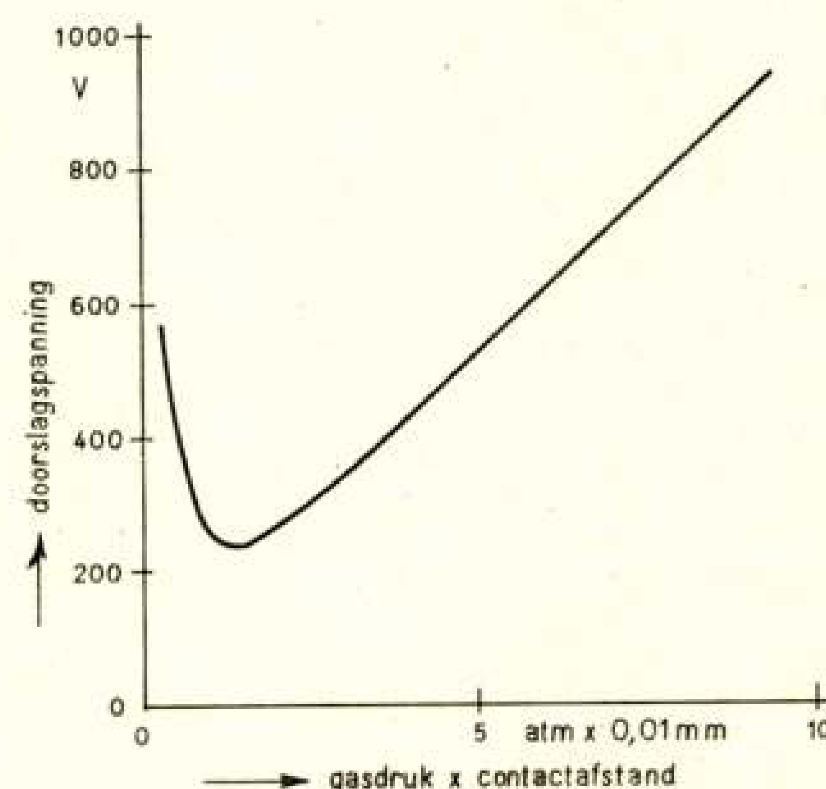


Fig. 3. Doorslagspanning in stikstof als functie van het produkt van de afstand tussen de elektroden en de gasdruk (wet van Paschen).

3.6. Contactweerstand en ruis

In een lokale telefoonverbinding staan van abonnee tot abonnee ongeveer 20 reed-contacten in serie. De overgangsweerstand in de contacten moet zo laag mogelijk zijn om bij variatie van de contactdruk, veroorzaakt door storende magneetvelden van naburige kruispunten of variatie in de houd-AW, de ruis laag te houden. Onder die omstandigheden ontstaat ruis door variatie van overgangsweerstand, omdat over de spreekwegcontacten een gelijkstroom van ca. 50 mA wordt gevoerd.

Reeds eerder werd vermeld dat men de ruis laag kan houden door de houd-AW zo te kiezen dat de reed-contacten magnetisch verzadigd zijn, zodat bij variatie van de totale veldsterkte vrijwel geen variatie in de contactdruk zal optreden. Daarnaast is het nodig de contactweerstand laag te houden. Dit wordt bereikt door op de tongen een geschikt contactmateriaal aan te brengen.

3.7. Mechanische sterkte

Een zeer belangrijke eis, die aan de reed-contacten moet worden gesteld, is dat de capsules gedurende zeker 25 jaar luchtdicht blijven. Het is namelijk gebleken dat zuurstof, waterdamp en organische damp zeer schadelijk zijn voor de levensduur van het contact, gemeten in overgangsweerstand en contactslijtage. Deze gassen worden daarom reeds bij de fabricage rigoureus geweerd. Een luchtdichte glas-metaalverbinding zorgt dat ook daarna de ongewenste gassen het reed-contact niet kunnen bereiken. Aangezien glasspanningen scheurtjes in het glas kunnen veroorzaken, is het nodig deze glasspanningen gedurende of direct na het insmelten op te heffen.

4. Methoden van kruispuntbesturing

De hierboven opgesomde eisen moeten vervuld worden door een reed-contact, dat, ten einde een uniform produkt en een lage kostprijs te bereiken, automatisch gefabriceerd moet worden. Omdat ook de wijze van besturing van reed-contacten in de kruispunten van een spreekwegennetwerk grote invloed heeft op de formulering van de eisen, volgt eerst een bespreking van de voornaamste mogelijkheden van kruispuntbesturing. Dit zijn: spanningscoïncidentie, stroomcoïncidentie, fluxcoïncidentie en verplaatsing van een permanente magneet. Deze methoden zullen aan de hand van enkele schema's worden besproken. Reed-contacten bekrachtigd door permanente magneten, die bewogen worden door armen van een soort kiezermechanisme, blijven hierbij buiten beschouwing.

In het algemeen bestaat een spreekwegennetwerk uit een aantal twee- of meerdimensionale matrixschakelaars. In de kruispunten van deze matrices bevinden zich de reed-contacten die de spreekwegen (zgn. a–b draden) schakelen. De besturing van een matrixschakelsysteem vergt slechts een beperkt aantal aanwijslijnen per schakelaar.

4.1. Besturing met spanningscoïncidentie

Bij toepassing van spanningscoïncidentie zijn in elk kruispunt de reed-contacten in een stroomspoel geplaatst, waarvan de ene uitloper verbonden is met een c-draadrij en de andere uitloper met een c-draadkolom (fig. 4). Zodra contacten van de centrale besturing tussen deze rij en deze kolom een spanningsverschil veroorzaken, wordt de spoel bekrachtigd en zullen de reed-contacten sluiten. De diode voorkomt ongewenste bekrachtiging van andere kruispunten. Het houden vindt plaats via het 3e contact in het kruispunt, de spoel en een besturingscontact in de c-draadrij.

4.2. Besturing met stroomcoïncidentie

Bij stroomcoïncidentie zijn op elk kruispunt twee stroomspoelen nodig. De ene spoel staat in serie met alle spoelen van de betrokken rij, de andere spoel staat in serie met alle spoelen van de kolom (fig. 5). De reed-contacten in een kruispunt, waarvan beide spoelen stroom voeren, ontvangen tweemaal zoveel ampèrewindingen als die in de andere spoelen van dezelfde rij en kolom. Dit dubbele aantal ampèrewindingen is voldoende om de reed-contacten te sluiten, terwijl de ampèrewindingen van één spoel onvoldoende moeten zijn. Het houden vindt plaats met behulp van een permanente magneet die in elk kruispunt aanwezig is, en het afvallen door tegenbekrachtiging uit één der stroomspoelen. De besturing volgens dit principe is erg moeilijk te dimensioneren.

Een speciale methode van stroomcoïncidentie vertoont de 'Ferreed'-schakelaar (fig. 6). Naast de reed-contacten van elk kruispunt is een staafje ompoolbaar remanent magnetisch materiaal gemonteerd. Om elk staafje zijn van elke coïncident twee stroomspoelen geplaatst, die elkaar echter zodanig tegenwerken, dat bij het bovenste gedeelte van het staafje de horizontale (x-) coïncident overheerst en bij het onderste gedeelte van het staafje de verticale (y-) coïncident. Als slechts één coïncidentiestroom in een kruispunt aanwezig is worden de beide

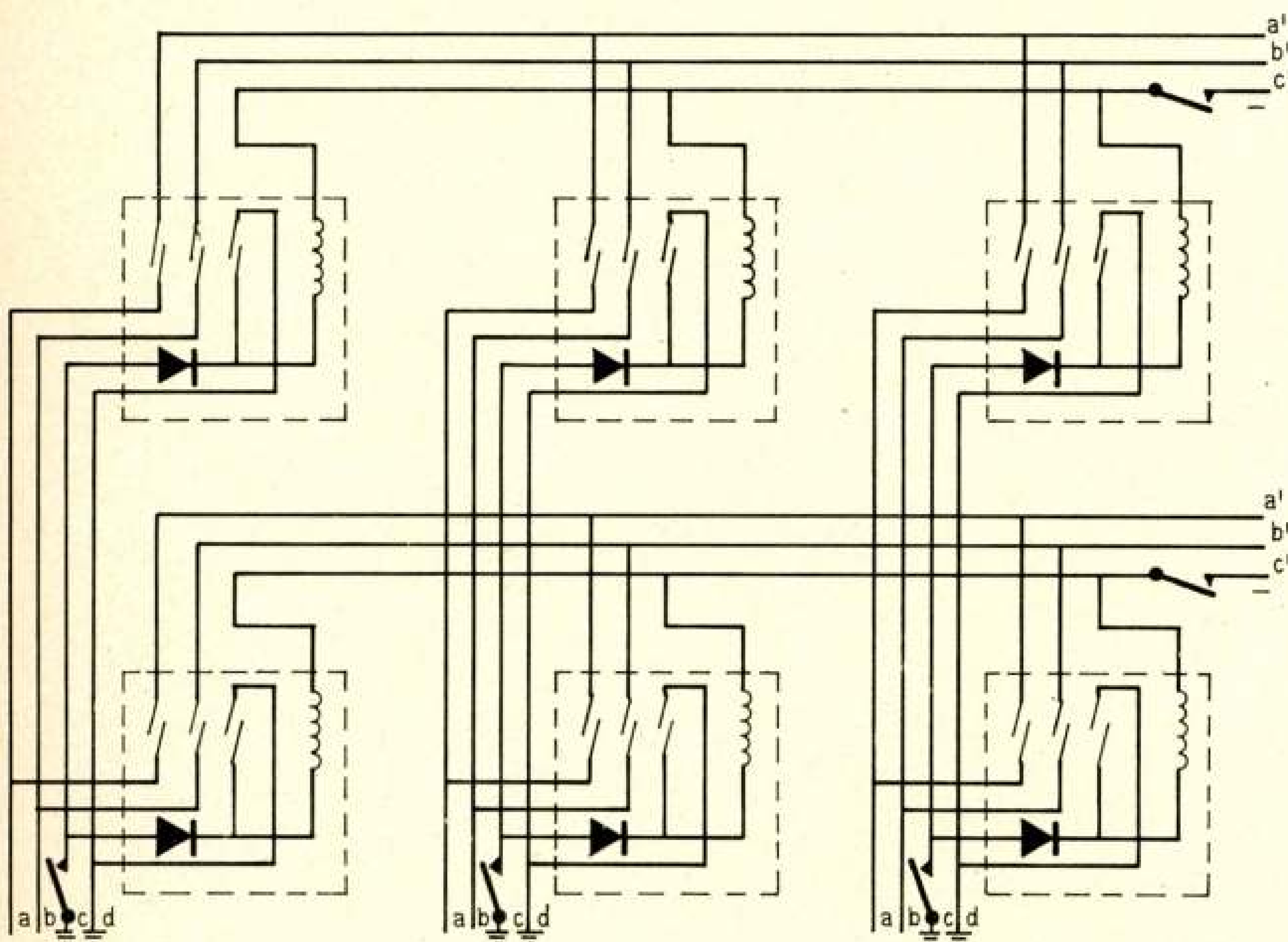
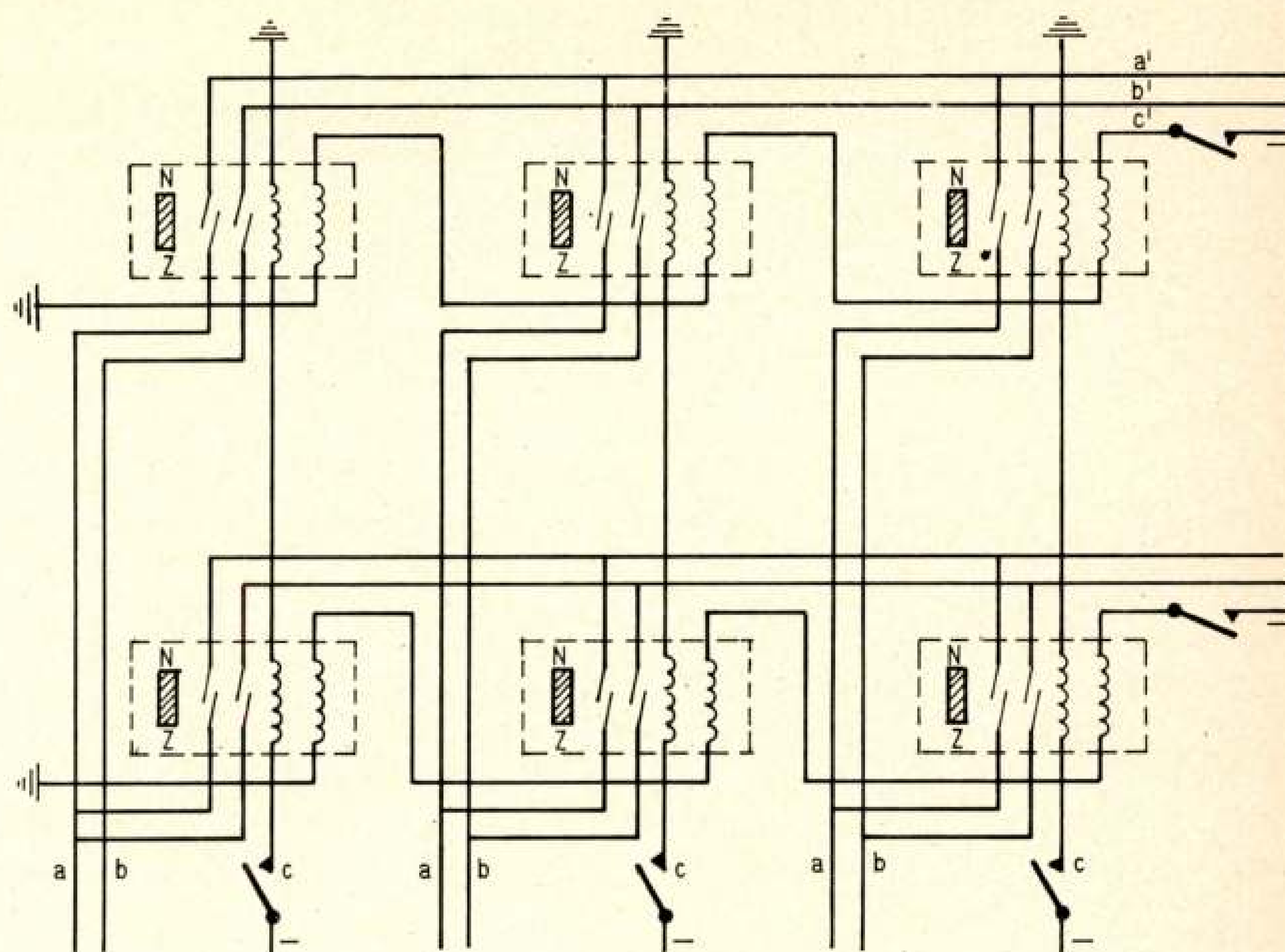


Fig. 4. Besturing van reed-contacten in een matrix door spanningscoïncidentie.

Fig. 5. Besturing van reed-contacten in een matrix door stroomcoïncidentie.



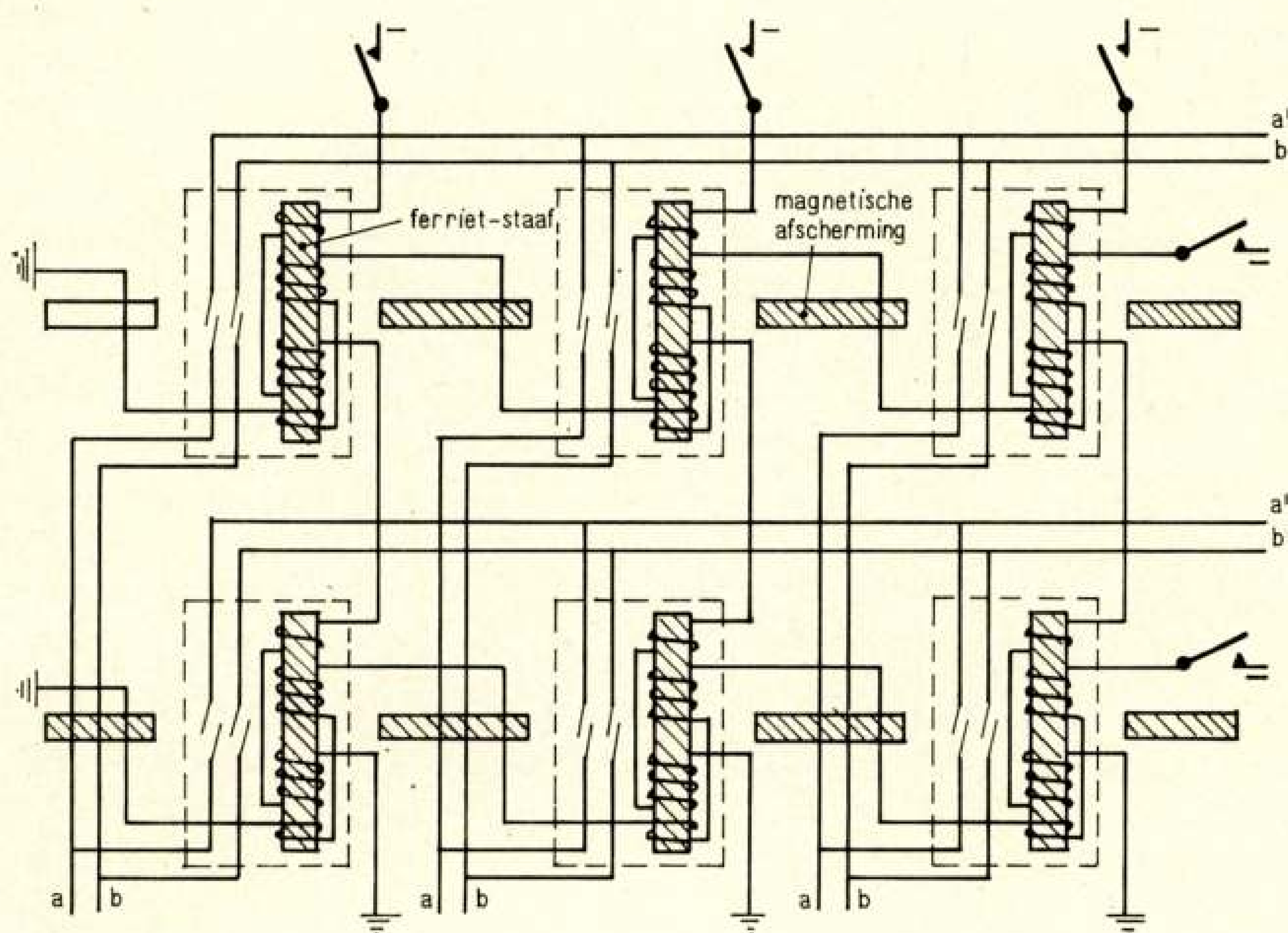


Fig. 6. Schema van de besturing van de Ferreed.

helften van het staafje zo gemagnetiseerd dat de magneetvelden tegengesteld gericht zijn en de flux niet door de contactspleet van de reed-contacten in het kruispunt gaat. Als de twee stromen tegelijkertijd in een kruispunt aanwezig zijn, worden beide staafhelften in dezelfde richting gepolariseerd en zullen de reedcontacten sluiten. Om de reed-contacten in een kruispunt te laten openen moet alleen de x- of y-coïncident door de spoelen gestuurd worden. Voor de goede werking is nog een afschermplaat tussen de kruispunten nodig en moeten de afstanden tussen de kruispunten voldoende groot zijn om wederzijdse beïnvloeding te voorkomen.

4.3. Besturing met fluxcoïncidentie

De besturing van een reed-contact door fluxcoïncidentie is in fig. 7 weergegeven. De x-spoel is in de horizontale spoelenrij opgenomen, de y-spoel in de verticale spoelenkolom.

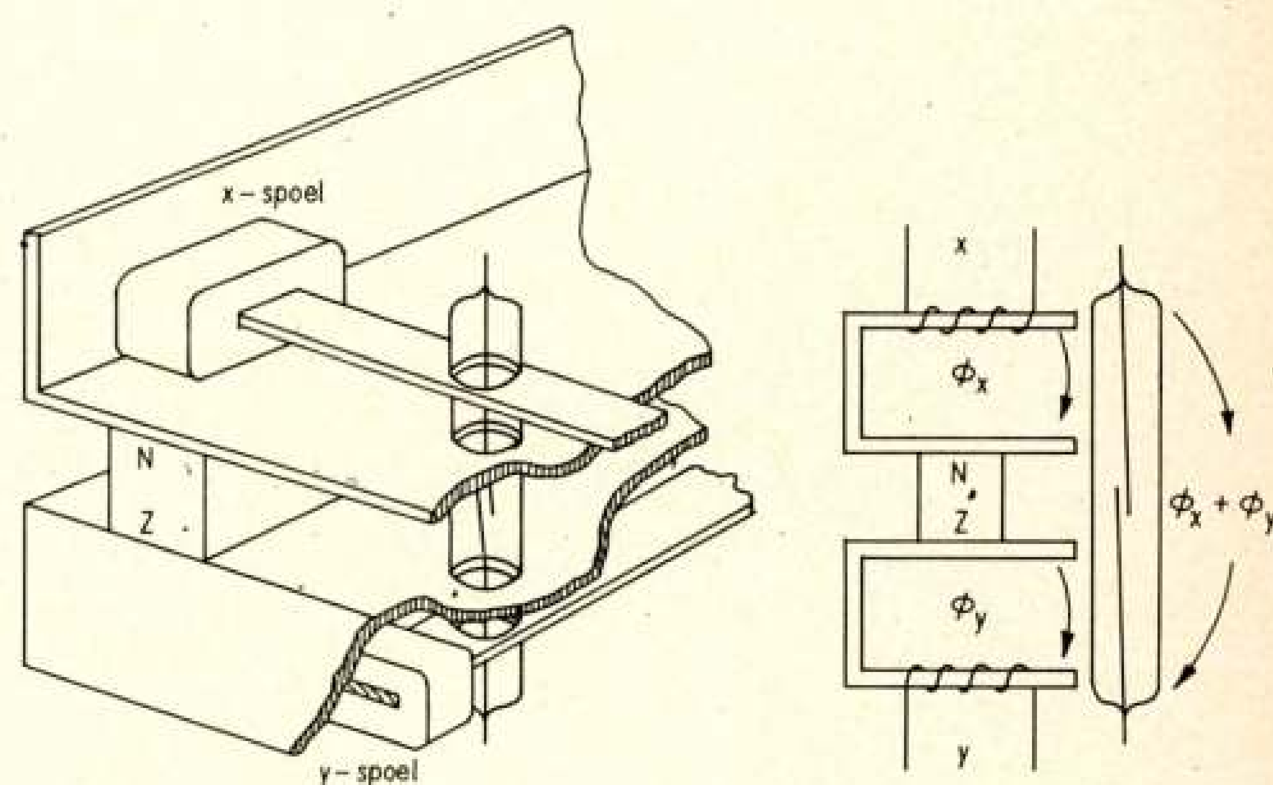


Fig. 7. Principe van de besturing van een reed-contact met fluxcoïncidentie.

Alleen twee gelijkgerichte fluxen aan beide zijden zullen door de contactopening een flux doen gaan, waardoor het reed-contact aantrekt. Een houd-circuit door middel van een permanente magneet is mogelijk. Als één coïncident aangebracht wordt in een richting tegenovergesteld aan die van de permanente magneet, zullen de reed-contacten weer openen.

4.4. Besturing met verplaatsbare magneten

Geschiedt de besturing van de kruispunten met behulp van permanente magneten dan is elk kruispunt uitgerust met een magneet. Deze kan in de langsrichting van het reed-contact bewegen en heeft twee stabiele standen (fig. 8). In beide standen kleeft

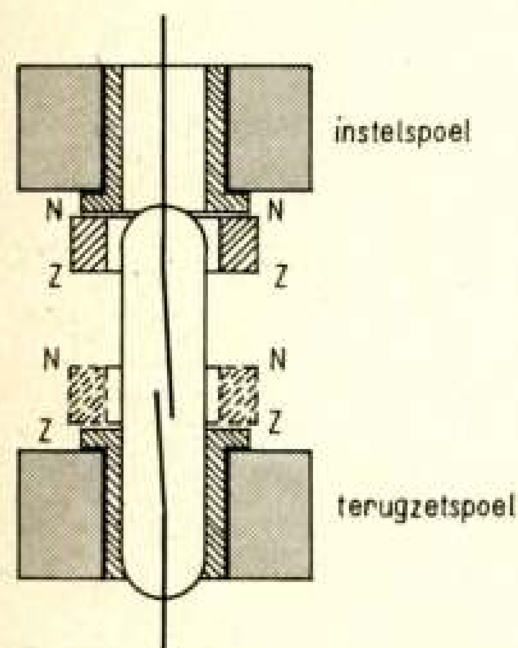


Fig. 8. Principe van de besturing van een reed-contact met een permanente magneet.

de magneet tegen een ijzeren plaat. In de ene stand van de magneet zullen de reed-contacten gesloten worden en blijven, in de andere stand gaan de contacten open. De permanente magneten worden door twee stroomspoelen bestuurd.

Een 'set'-spoel zorgt voor het 'schieten' van de magneet in de positie waarbij de reed-contacten gesloten worden, de 'reset'-spoel zorgt voor het openen. Het aanwijzen van set- en reset-spoelen geschiedt door spanningscoïncidentie (fig. 9).

5. Eigenschappen van de verschillende methoden van kruispuntbesturing

5.1. Permanente magneten

In kruispunten die bestuurd worden door stroomcoïncidentie en fluxcoïncidentie is het mogelijk permanente magneten toe te passen, om de houdbekrachtiging te leveren. Een houdstroom is daarbij overbodig. Gebruik van permanente magneten vereist echter nauwe toleranties van coïncidentiestromen of -fluxen en nauwe toleranties op de opkom- en afval-AW van de reed-contacten. Het feit dat de reed-contacten direct nadat ze opengegaan zijn, nog gedurende ongeveer 100 ms uittrillen, veroorzaakt gedurende deze tijd een verlaging van de niet-aantrek-AW.

De som van de flux, ontstaan door een enkele coïncident en de flux van de permanente magneet, kan gedurende deze uittriltijd net voldoende groot zijn om de reed-contacten weer te doen sluiten. Daarom mogen bij deze besturingsmethode gedurende 100 ms na het verbreken van een verbinding geen andere kruispunten in dezelfde rij en kolom worden bekrachtigd.

5.2. Flexibiliteit

De besturingen met spanningscoïncidentie en stroomcoïncidentie staan een kruispunt toe, dat alleen door middel van elektrische verbindingen (multipels) met de andere kruispunten verbonden is. Constructief behoeven deze kruispunten geen geheel te vormen.

Fluxcoïncidentie vergt een mechanische constructie die afgestemd is op het aantal gewenste kruispunten. Bij dit principe is er dus geen flexibiliteit ten aanzien van de aantallen rijen en kolommen van de matrixschakelaar. Wenst men deze te wijzigen dan moet men ook de constructie wijzigen.

Als de kruispunten bij spannings- en stroomcoïncidentie uitgevoerd worden als units, die op een plaat met gedrukte bedrading passen, verkrijgt men een grote flexibiliteit in de opbouw van de schakelaar.

5.3. Beperking aantal kruispunten in de matrix

Zowel bij fluxcoïncidentie als bij de 'Ferreed' is er een scherpe begrenzing van het aantal kruispunten dat in een rij of kolom kan worden geplaatst. De 'Ferreed' kan met zeer korte pulsen worden bestuurd en kan dus goed worden aangepast aan de snelheid van een centrale besturing. Het magnetische materiaal veroorlooft een schakelsnelheid van ca. 100 µs. Een snelle besturing van het magnetische materiaal vereist echter een circuit met lage zelfinductie, zodat dus weinig windingen per spoel en

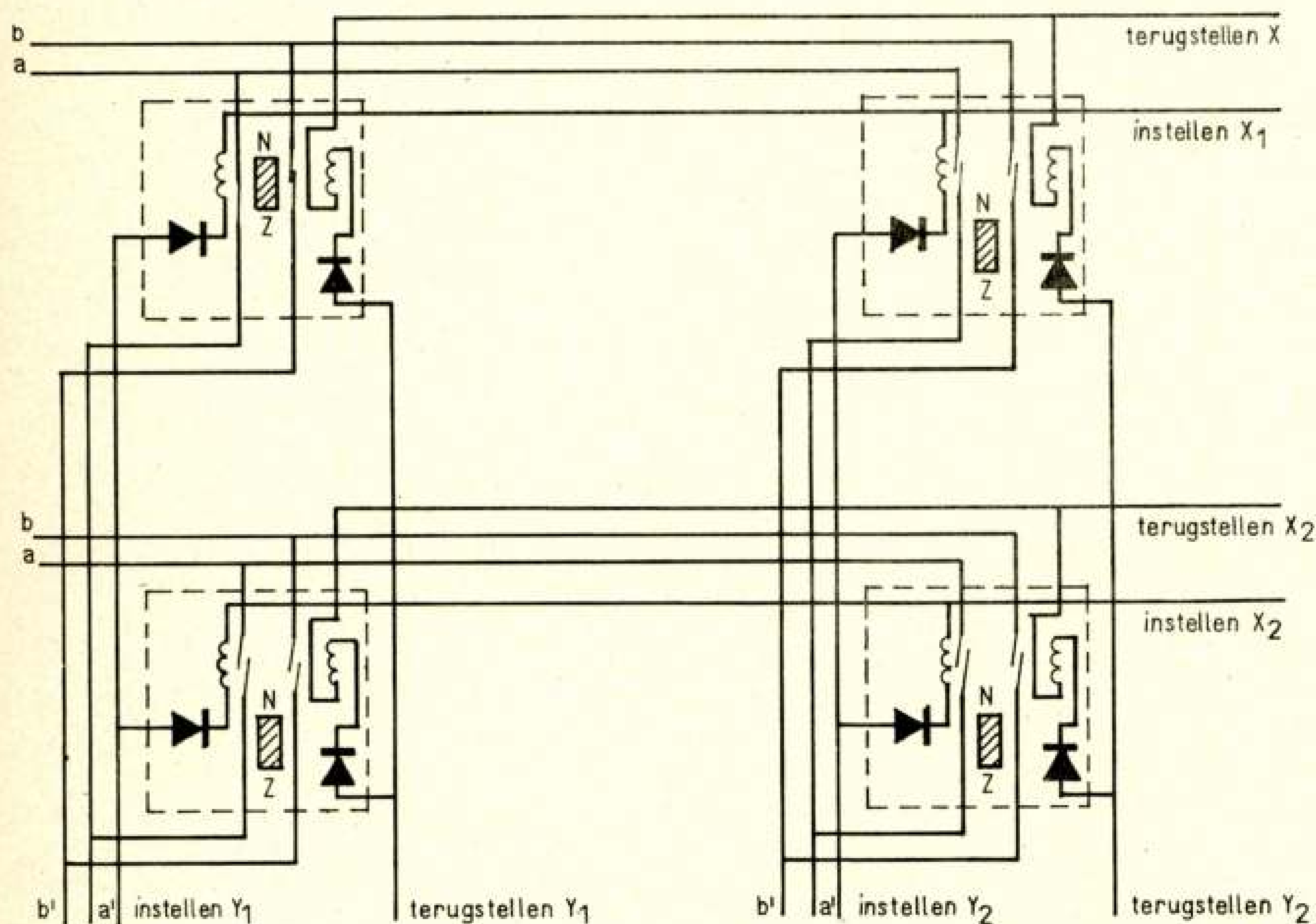


Fig. 9. Besturing van reed-contacten in een matrix m.b.v. permanente magneten.

ook weinig spoelen in serie zijn toegestaan. In de uitgevoerde 'Ferreed'-matrices doorloopt eenzelfde stroom 8 spoelen van een rij en 8 spoelen van een kolom. De stroom is dan reeds ca. 7 A, waardoor speciale onderdelen nodig zijn om deze besturingsstromen te leveren.

Bij de Ferreed is het nodig dat de beide coïncidenten precies tegelijkertijd wegvallen, anders openen de reed-contacten in het bekrachtigde kruispunt direct weer, omdat het openen geschiedt ten gevolge van de aanwezigheid van één van de coïncidenten.

Bij de fluxcoïncidentie zal bij grotere afmeting de lekflux steeds groter worden, hetgeen ook een beperking geeft van het aantal kruispunten per schakelaar.

5.4. Magnetische afscherming

Alleen bij spanningscoïncidentie en stroomcoïncidentie kan een magnetische afscherming aanwezig zijn. Bekrachtiging van naburige kruispunten heeft bij deze besturing daarom geen enkele invloed op de contactdruk van de reed-contacten en veroorzaakt dus geen storingen in de vorm van ruis.

Het principe met de bewegende magneet is een dubbel uitgevoerde spanningscoïncidentie. Een afscherming, die toch de beweging van de permanente magneet niet beïnvloedt, maakt een kruispuntrelais nogal groot. De besturing wordt gecompliceerd.

5.5. Conclusie

Uit het bovenstaande valt te concluderen dat besturing met spanningscoïncidentie op de meeste punten voordelen heeft ten opzichte van andere principes of daaraan gelijkwaardig is. Nadelen zijn de noodzaak om per kruispunt een diode aan te brengen en de noodzaak om de verbinding te houden met een houdstroom door de spoel (het derde reed-contact per kruispunt is toch al aanwezig voor bewaking e.d. en veroorzaakt geen extra kosten). De houdstroom van de kruispunten vertegenwoordigt in een centrale 5 tot 8% van het totale stroomverbruik.

In plaats van een aantal losse dioden per kolom kunnen geïntegreerde meervoudige dioden worden toegepast. Hierdoor behoeven de kosten van de dioden geen bezwaar meer te zijn en wordt bovendien een hoge betrouwbaarheid verkregen. Dank zij het feit dat bij spanningscoïncidentie het kruispunt individueel is, kan het zogenaamde kruispunt-relais zodanig worden geconstrueerd dat een ver doorgevoerde mechanisatie bij de fabricage mogelijk is.

Tabel 1. Voor- en nadelen van verschillende methoden van kruispuntbesturing in schakelmatrices.

Eigenschap	*Spannings-coïncidentie*	*Stroom-coïncidentie*	*Serie-Ferreed*	*Flux-coïncidentie*	*Bewegende magneet*
Houdstroom nodig	ja (−)	neen (+)	neen (+)	neen (+)	neen (+)
Nauwe toleranties op reed-contacten vereist	neen (+)	ja (−)	neen (+)	ja (−)	neen (+)
Nauwe toleranties op grootte besturingsstromen vereist	neen (+)	ja (−)	neen (+)	neen (+)	neen (+)
Nauwe toleranties op gelijktijdigheid van besturingsstromen vereist	neen (+)	neen (+)	ja (−)	neen (+)	neen (+)
Sroom in andere richting nodig voor afvallen	neen (+)	ja (−)	neen (+)	ja (−)	neen (+)
Extra onderdelen per kruispunt	1 diode (−)	permanente magneet (−)	ompoolbare magneet (− −)	permanente magneet (−)	2 dioden perm. magn. (− −)
Aantal spoelen per kruispunt	1 (−)	2 (− −)	4 (− −)	1 per rij 1 per kolom (+)	2 (− −)
Direct na afvallen te gebruiken	ja (+)	neen (−)	ja (+)	neen (−)	ja (+)
Printed circuit bedrading mogelijk	ja (+)	ja (+)	neen (−)	neen (−)	neen (−)
Individueel kruispuntrelais mogelijk	ja (+)	ja (+)	ja (+)	neen (−)	neen (−)
Magnetische afscherming mogelijk tegen introductie ruis	ja (+)	ja (+)	ja (+)	neen (−)	neen (−)
Combinatie van besturing van meer schakelaars mogelijk	ja (+)	neen (−)	neen (−)	ja (+)	ja (+)

Met (+) wordt een voordeel, met (−) een nadeel van de besturingsmethode aangeduid.

Ook kan bij de spanningscoïncidentie voor de multipels van de matrixschakelaar gedrukte bedrading worden gebruikt, hetgeen de betrouwbaarheid eveneens verhoogt. De spoel kan worden ingekapseld in een flexibele kunststof, dit voorkomt breuk van de spoeldraden door corrosie, trillingen, schokken en temperatuursprongen. De voordelen van het spanningscoïncidentie-principe worden duidelijk uit het overzicht in tabel 1.

6. Ontwerp en fabricage van reed-contacten

Aangezien de operationele eisen zowel de dimensionering als de fabricage van de reed-contacten beïnvloeden, terwijl omgekeerd de fabricagemogelijkheden grote invloed hebben op de dimensionering, zullen het ontwerp en de fabricage gecombineerd worden behandeld.

6.1. Magnetische dimensionering

Wanneer als taak wordt gesteld te voldoen aan bepaalde eisen van aantrek-AW en afval-AW, is het niet zonder meer mogelijk om met behulp van de veerkarakteristiek van de tongen en de formule voor de aantrekkingskracht: $K=\frac{1}{2}\,\Phi^2/F\mu_o$ grootheden als ijzerdoorsnede, contactopening, contactoppervlak, antimagnetische laagdikte, aftrekkracht en contactdruk te bepalen. De vorm van de hysteresiskromme van het magnetische materiaal (NiFe) en de niet te berekenen magnetische lekweerstanden veroorloven slechts een globale berekening die aangevuld moet worden met vele metingen om tot de uiteindelijke dimensionering te kunnen komen. Het resultaat kan dan tenslotte worden weergegeven in het gecombineerde diagram dat de magneetkracht en de veerkracht als functie van de contactopening weergeeft (fig. 10). Tabel 2 geeft een overzicht van de magnetische dimensionering en van de voornaamste overwegingen die daartoe hebben geleid. De gekozen contactopening en aftrekkracht vragen om een veerkarakteristiek van de tongen van ca. 50 g/mm.

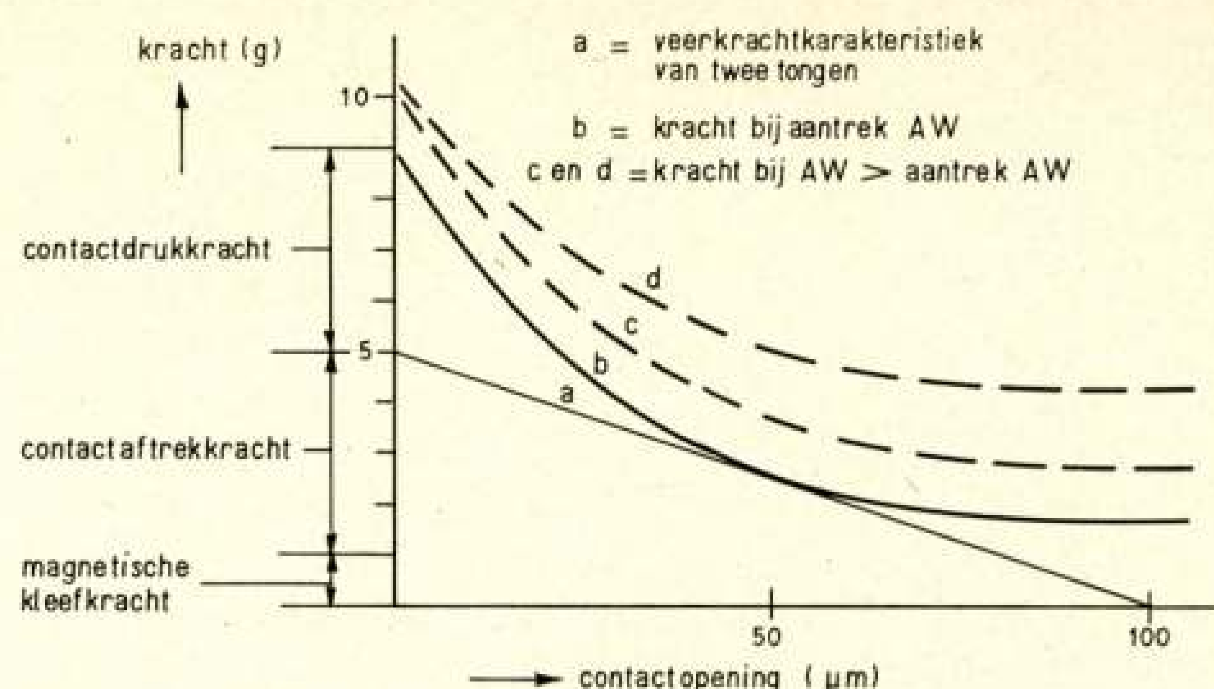


Fig. 10. Magnetische dimensionering (zgn. kracht-weg-diagram) van het reed-contact.

6.2. Vorm van de tong

De vorm die wij aan de tong hebben gegeven is in fig. 11 te zien. Het deel met doorsnede A zorgt voor de vereiste veerkarakteristiek. Het deel met doorsnede B wordt gebruikt om tijdens de

Tabel 2. Magnetische dimensionering van het Philips' reed-contact en de daarvoor gebruikte motieven.

Magnetische dimensionering	*Overwegingen*
Contactopening: 100 μm	1. Er is voldoende ruimte voor erosie van het contactmateriaal. 2. De fabricagetoleranties zijn redelijk. 3. De benodigde gasdruk is redelijk 4. De afmetingen van het contact zijn gering zonder dat de gevoeligheid te groot wordt. 5. De AW-waarden zijn laag.
Contactdruk: 4 g	1. De contactdruk is voldoende voor gediffundeerd goud. 2. Afwezigheid van stof veroorlooft lage contactdruk. 3. Aangezien de contacten omgeven zijn door een inert gas, kan de contactdruk laag zijn. 4. De afmetingen van het contact kunnen gering zijn. 5. De AW-waarden zijn redelijk laag.
Aftrekkracht: (5−1) g	1. De magnetische kleefkracht is laag door de lage coërcitiefkracht in het materiaal van de tongen, de samenstelling en de dikte van de Au-Ni-Fe laag. 2. Dank zij de gekozen Au-Ni-Fe legering treedt geen metallisch kleven op. 3. Bij de belastingen in het spreekwegennetwerk blijven kleefkrachten door lussen vanwege de schakelstromen laag. 4. Het aantal schakelhandelingen en een spreekwegennetwerk is gering, waardoor mechanisch kleven door punt- en kratervorming uitgesloten is. 5. De afmetingen van het reed-contact zijn gering. 6. De AW-waarden zijn laag.
Diameter van de tong 0,55 mm	1. In aangetrokken toestand is het materiaal voor 90% magnetisch verzadigd waardoor: 1a. minder kaats optreedt, 1b. geen variaties in de overgangsweerstand optreden.

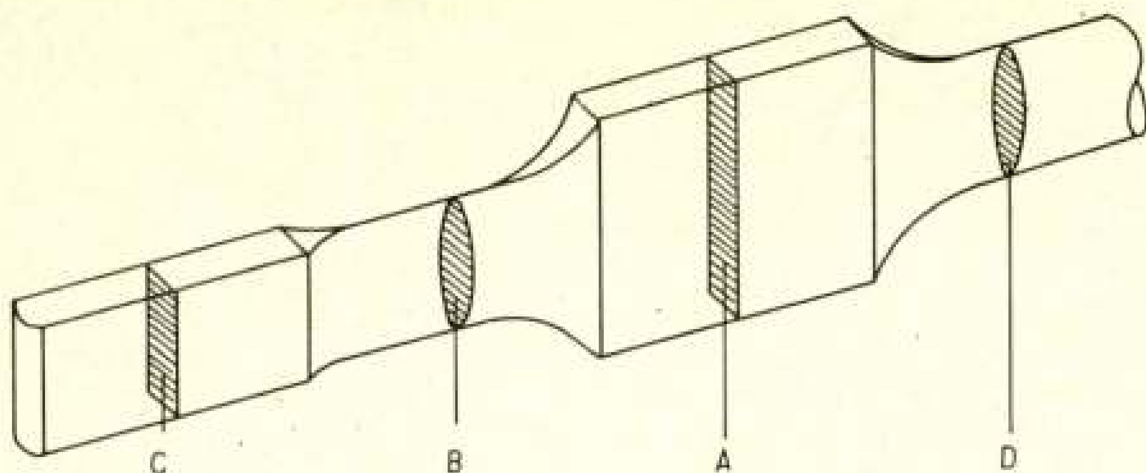


Fig. 11. Vorm van de tong van het Philips' reed-contact. A is de eigenlijke veer, bij B wordt het contact tijdens de fabricage vastgeklemd, bij C wordt het contactoppervlak aangebracht, D is de uitloper.

fabricage de tong zo vast te kunnen houden, dat deze tijdens het pletten recht blijft. Het deel met doorsnede C is smaller om bij een redelijke overlapping (ca. 0,7 mm) een contactoppervlakte van ca. 0,5 mm^2 te krijgen.

De tongeinden die het elektrische contact tot stand brengen zijn precies vlak. Hiervoor gelden de volgende overwegingen:

a. Een contact dat niet geheel vlak is zal een hogere aantrek-AW en een lagere afval-AW vergen, en met de remanentie van het magnetische materiaal meer kleefkracht geven.

b. Als de contacten elkaar slechts in één punt of langs een lijn raken, treden bij het schakelen hoge elektrische veldsterkten op die bij zwaardere belastingen aanmerkelijk meer contacterosie veroorzaken.

c. Contacten die niet geheel vlak zijn zullen bij het sluiten veel meer kaatsen en gedurende een veel langere tijd zal de overgangsweerstand blijven variëren, omdat de contactvlakken meer en langer in beweging blijven.

d. Bij de montage wordt gebruik gemaakt van deze vlakke contactgedeelten. Het is gewenst dat de tongen in hun geheel goed recht zijn, om de automatische montage te vergemakkelijken en om de zekerheid te hebben dat, bij een juiste positie van de contactvlakken t.o.v. elkaar, een goede centrering van de tongen in de insmelting in de glasbuis wordt verkregen.

6.3. Fabricage van de tongen

Het uitgangsmateriaal voor de tongen is Ni-Fe-draad dat getrokken is tot een diameter van 1,5 mm. Deze draad wordt eerst goed ontkolend gegloeid en in trekstenen koud getrokken naar een diameter van 0,55 mm. Vervolgens wordt de draad gestrekt door deze door een oven te voeren, bij een trekspanning die even onder de vloeigrens ligt. Dank zij deze trekkracht loopt de draad in een bijna volmaakt rechte lijn door de oven. De optredende interne spanningen worden meteen ontlaten door de hoge temperatuur. De draad koelt in de uitloop van de oven direct weer af en wordt dan op een wiel met grote diameter gewikkeld dat als tussenmagazijn dient. Op dit grote wiel kan de draad geruime tijd worden bewaard, zonder dat dit nadelige invloed heeft op de rechtheid van de draad. De bereikte rechtheid is beter dan $1\,^0/_{00}$. De strekmachine is in fig. 12 afgebeeld. Na het strekken wordt de draad gevoerd in een hydraulisch aangedreven pletmachine, die de draad in korte staafjes verdeelt, de beide plettingen maakt en elk staafje van een oog voorziet (fig. 13). Het oog wordt gebruikt om tijdens de volgende bewerkingsfasen het transport te vergemakkelijken en om bij het complete reed-contact te dienen als oriëntatie bij montagewerkzaamheden. De machine verzamelt de tongen in magazijnen die elk een capaciteit van ongeveer 1500 stuks hebben. Na reiniging in een ultrasoon bad worden de tongen in een reducerende atmosfeer gegloeid ten einde goede magnetische

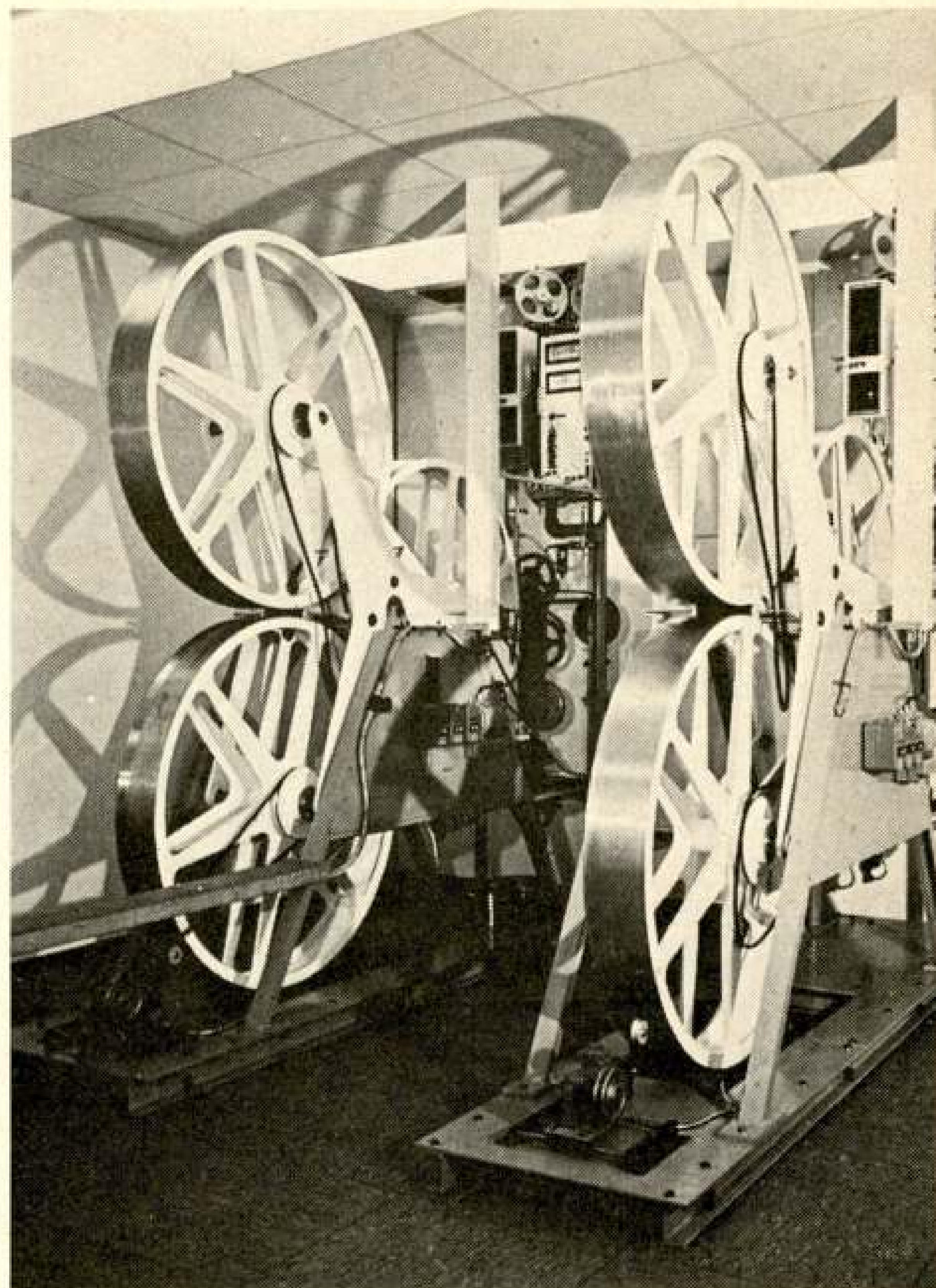


Fig. 12. Strekmachine voor de draad waarvan de tongen worden gemaakt.

materiaal-eigenschappen te verkrijgen. Hierna zijn ze gereed voor het aanbrengen van de contactlaag.

6.4. De contactlaag

6.4.1. Keuze van het contactmateriaal: Ten einde reed-contacten met lage overgangsweerstand te krijgen moet op de tongeinden een speciaal contactmateriaal aangebracht worden. Dit materiaal moet een lage specifieke ohmse weerstand hebben, mag geen oppervlaktelagen met hoge weerstand vormen en mag desondanks in zeer schone toestand in de inerte atmosfeer in de glas-

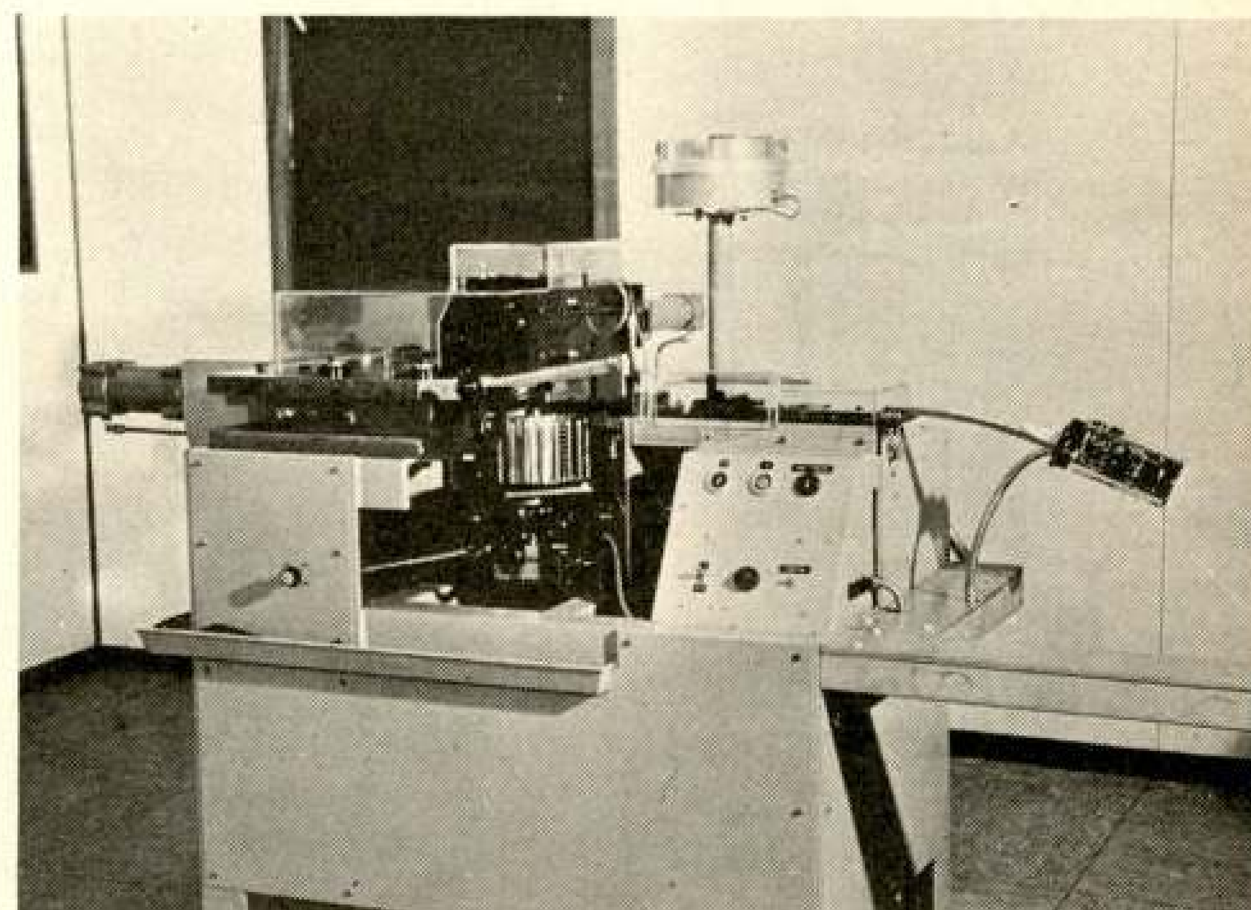


Fig. 13. Automatische pletmachine voor het vervaardigen van de tongen.

buis geen metallisch kleven veroorzaken (koud lassen).

Deze eisen zijn met elkaar in tegenspraak. Daarom is naar een compromis gezocht; dit werd gevonden door een goed contactmateriaal als bijvoorbeeld goud zodanig met een ander materiaal te legeren dat het metallisch kleven verdwijnt en toch een lage overgangsweerstand behouden blijft.

De keuze van het contactmateriaal wordt eveneens sterk beinvloed door de mogelijkheden om dat materiaal op de tongen aan te brengen. Hiervoor lenen zich in de praktijk maar twee technieken: het galvanisch neerslaan en het opdampen.

De galvanotechniek is ver genoeg gevorderd om een gladde en goed hechtende goudlaag met een laagdikte van 3 µm met een tolerantie van minder dan 10% aan te kunnen brengen. De goudlaag kan in een diffusieproces in een oven op ca. 800 °C gediffundeerd worden tot een legering van goud, nikkel en ijzer. De goudlaagdikte, de temperatuur en de tijd die de contacten in de oven blijven bepalen de percentages goud, nikkel en ijzer in de contactlaag. Bij dit proces moet de regeling van de ovens met de hoogste precisie worden uitgevoerd. Te weinig ijzer in de toplaag veroorzaakt kleven en bij te veel ijzer veroorzaakt het ijzeroxyde gemakkelijk hoge overgangsweerstanden. Het ontstaan hiervan wordt ook nog sterk beïnvloed door de samenstelling van het vulgas in de reed-contactcapsule.

De vele andere contactmaterialen die galvanisch kunnen worden aangebracht hebben allerlei bezwaren. Zo kan bijvoorbeeld galvanisch aangebracht zilver niet gelegeerd worden met ijzer, waardoor de kleefneigingen niet onderdrukt kunnen worden. Palladium en rhodium zijn moeilijk aan te brengen zonder dat scheuren optreden, terwijl deze materialen moeilijk hechten op de onderlaag. Ze zijn verder erg gevoelig voor organische dampen, die tijdens de montage van de reed-contacten in een heel kleine hoeveelheid altijd nog in het gas kunnen komen. Deze dampen kunnen bij het schakelen van de contacten door de plaatselijke hoge druk een polymerisatieprodukt op de contactvlakken doen ontstaan. Materialen als rhodium en palladium treden daarbij als katalysatoren op. Bovendien is in zeer schone toestand onlangs ook bij palladium en rhodium metallisch kleven geconstateerd.

Met behulp van de verschillende opdamptechnieken is het mogelijk om ook materialen als wolfram, rhenium, ruthenium, molybdeen, platina en iridium op te brengen, evenals legeringen van deze materialen. Hoewel hier uit technisch oogpunt wellicht mogelijkheden liggen, is het vooralsnog een economische utopie om met deze technieken een reed-contact te bedekken. Er moet nog heel veel werk verzet worden alvorens het aanbrengen van het contactlaagje met opdamptechnieken minder kost dan het maken van een volledig reed-contact.

Gelukkig zijn er bepaalde goud-nikkel-ijzer legeringspercentages, waarbij de contacten een lage overgangsweerstand behouden, geen metallisch kleven vertonen en bij het schakelen onder belasting ook een goede levensduur bezitten.

6.4.2. Het opbrengen van het contactmateriaal: De einden van de tongen passeren enige galvanische baden. Eerst worden zij elektrolytisch geëtst om de snijkanten af te ronden (zgn. ontbramen). Dan vindt het vergulden plaats in een opstelling waarbij een goudlaag van zeer gelijkmatige dikte wordt aangebracht (fig. 14). Daartoe zijn de tongen in vlakken geplaatst met anoden tegenover de contactvlakken terwijl hulpkathoden de randwerking tegengaan. De badvloeistof wordt voortdurend rondgepompt en geregenereerd; niveau, temperatuur en samenstelling worden automatisch geregeld. Bovendien wordt op de laagdikte steekproefsgewijze een controle uitgevoerd met een

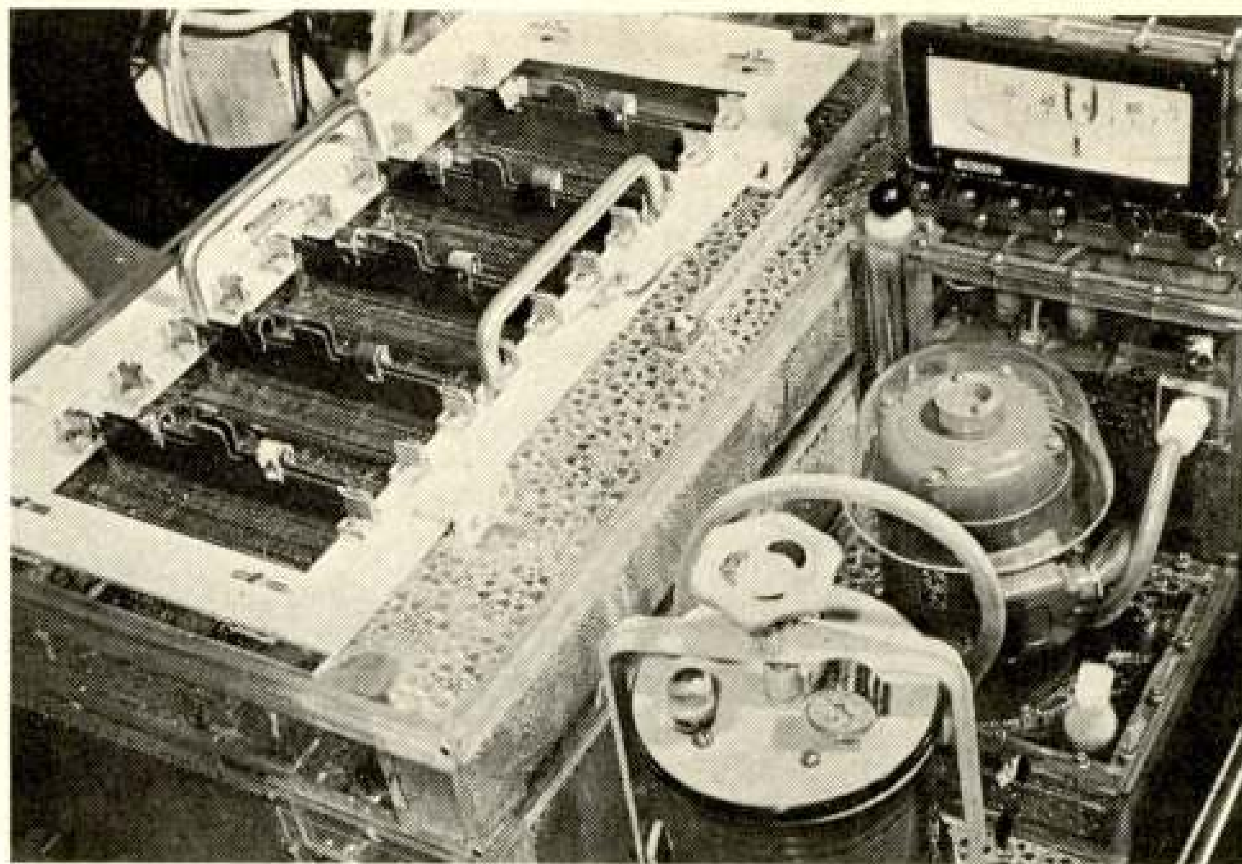


Fig. 14. Automatisch geregeld bad voor het aanbrengen van de contactlaag.

bètascoop, om precies het tijdstip te kunnen bepalen waarop het bad helemaal moet worden ververst.

Het diffunderen van de contactlaag vindt in hetzelfde oventype plaats als het ontlaten in een reducerende atmosfeer. Alleen is bij het diffusieproces de allerhoogste graad van zuiverheid van het ovengas vereist, omdat anders direct de contactlaag wordt aangetast (oxydatie). De oven wordt daarom nooit uitgeschakeld, terwijl bij het inbrengen en verwijderen van de produkten met grote kracht stikstof wordt doorgeblazen, om alle zuurstof en waterdamp uit de oven te weren. Speciale rekken en een zeer gelijkmatige temperatuur over een grote lengte van de ovenbuis maken het mogelijk vele tienduizenden tongen tegelijk de diffusiebehandeling te geven (fig. 15). Hierna worden de tongen nogmaals ultrasoon gereinigd en tenslotte in containers naar de insmeltmachines vervoerd.

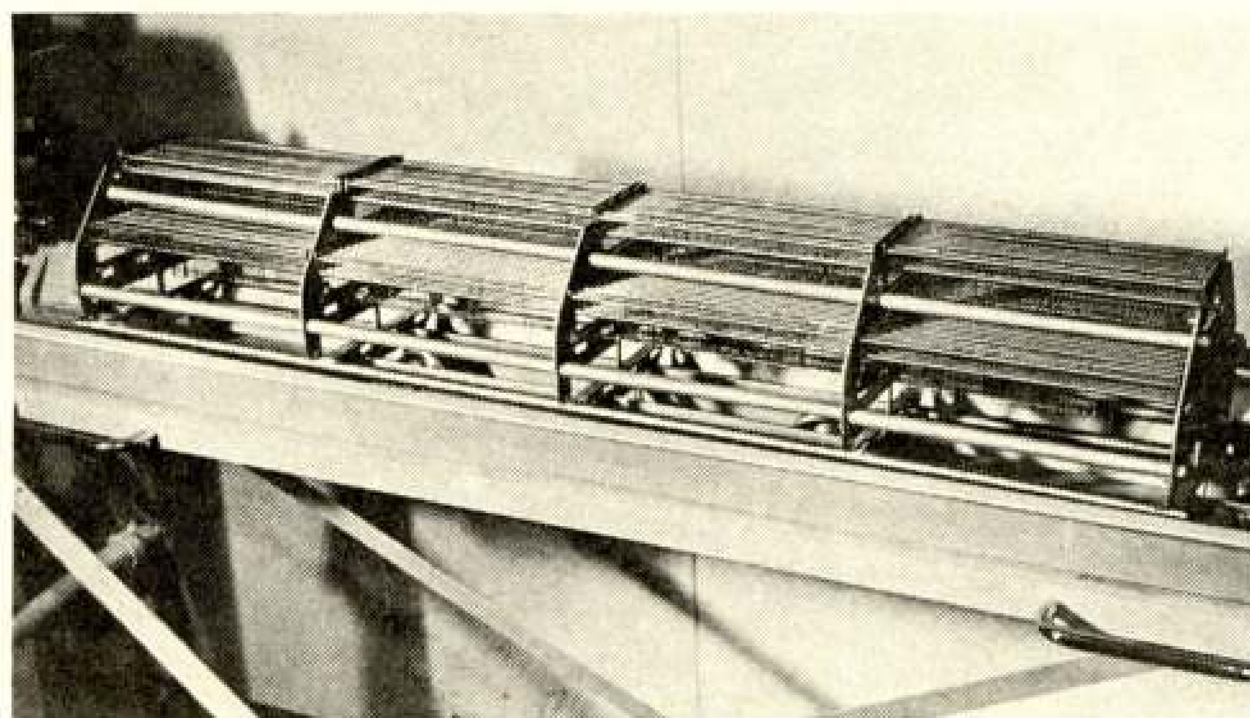


Fig. 15. Magazijn met enkele tienduizenden tongen staat gereed om in de diffusie-oven te worden geschoven.

6.5. De glasbuis

Lengte en binnendiameter van de glasbuis worden bepaald door de afmetingen van de tongen. De dikte van de glaswand moet zo gekozen worden dat de buis voldoende sterk is en dat ook de glas-metaalinsmelting de gewenste sterkte en kwaliteit heeft. Een wanddikte van ca. 0,5 mm voldoet aan deze voorwaarden. De glassoort moet uiteraard afgestemd zijn op het materiaal van de tongen.

Bij de glasbuis geldt vooral dat het beter is het vuil worden te voorkomen, dan te proberen het vuil later weer te verwijderen. Ondanks alle voorzorgen bij het snijden van de buisjes is mechanische reiniging noodzakelijk om het glasstof te verwijderen. Hiertoe worden de glasbuisjes eerst na het afbotten (met een vlam de scherpe kanten een beetje smelten, fig. 16) gestapeld

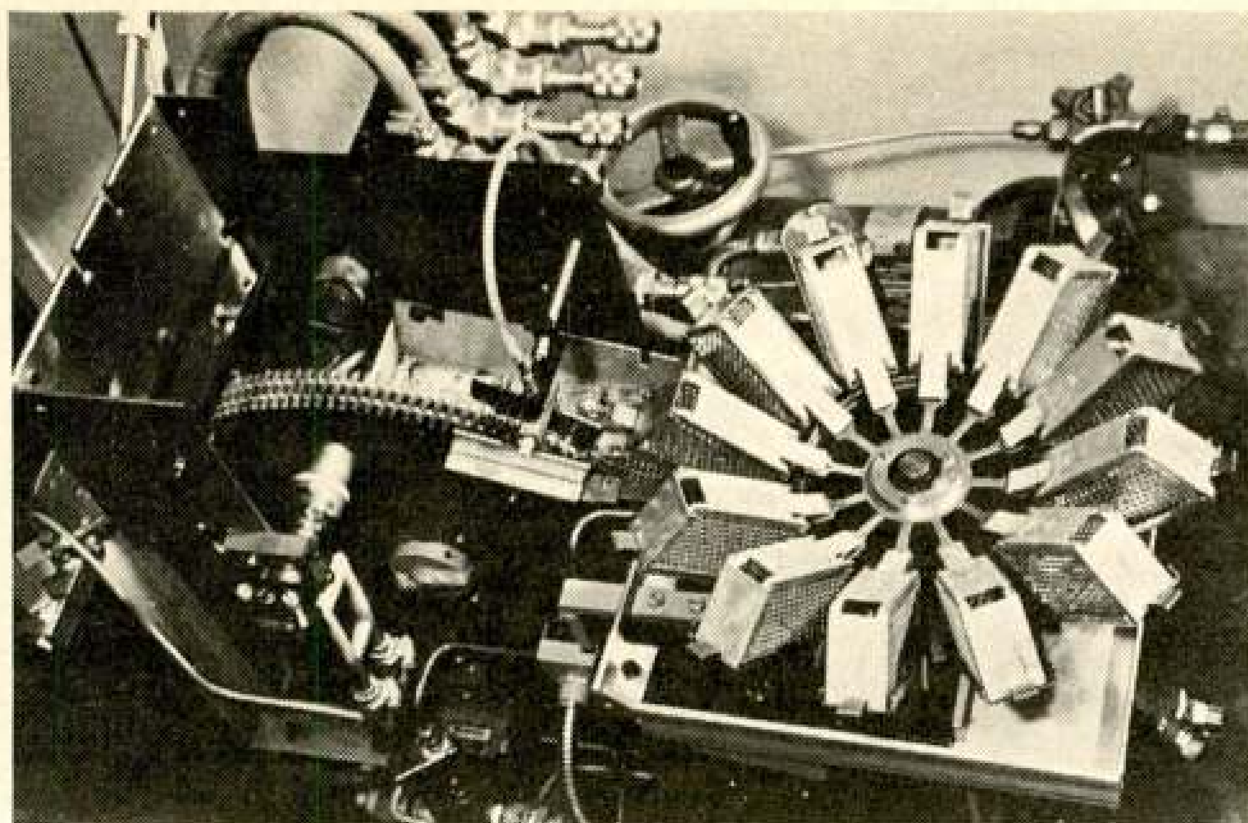


Fig. 16. Afbot- en stapelmachine voor de glasbuisjes voor reed-contacten.

in korfjes, waardoorheen met geweld een emulsie wordt gespoten, die alle glasstofresten meeneemt. Hierna worden de emulsieresten opgelost. Na diverse spoelbewerkingen vindt tenslotte een ultrasone reiniging van de korfjes met glasbuisjes plaats.

6.6. De gasvulling

Zoals reeds in paragraaf 3.5. naar voren werd gebracht hebben de gassoort en de gasdruk grote invloed op vele eigenschappen van het reed-contact, o.a. op de doorslagspanning tussen de twee contacttongen (kromme van Paschen). Omdat een doorslagspanning van ca. 900 V vereist wordt, komen bij enigszins redelijke gasdruk slechts enkele gassen in aanmerking. Gekozen is stikstof, omdat dit een vrijwel inert gas is. Hier dient nog wel opgemerkt te worden dat het niet mogelijk is om een gasdruk aan de lage-drukzijde van de Paschen-kromme te kiezen, aangezien hierdoor alle vonkdovende werking van het gas verloren gaat en het contact niet meer geschikt is om het vereiste vermogen te schakelen.

Verontreinigingen in het gas, zoals zuurstof, waterdamp en organische dampen, hebben veel invloed op de levensduur van het reed-contact, omdat ze de contacterosie versnellen. Zuurstof en waterdamp, die binnen kunnen dringen bij de gasfabricage, bij lekken in de leidingen en bij lekken in de glas-metaalverbinding zullen oxydatieprodukten op de contacten leveren, waardoor de contactweerstand wordt verhoogd. Ook is de mate van punt- en kratervorming afhankelijk van de hoeveelheid zuurstof en waterdamp. Een zeer ongunstige invloed heeft organische damp afkomstig uit isolatiematerialen in de insmeltmachines of uit de vacuümpompen. Deze damp veroorzaakt bij belast en onbelast schakelen hoge overgangsweerstanden en bij belast schakelen nog eens extra contacterosie door vonkverlenging.

De verontreinigingen van het gas kunnen alleen door rigoureuze maatregelen worden voorkomen, aangezien het hier gaat om hoeveelheden, die ongeveer het éénmiljoenste deel zijn van de hoeveelheid stikstof (zgn. 'parts per million' of 'p.p.m.') in de buis.

Een van deze maatregelen bestaat daarin dat in de insmeltmachines het vulgas niet in de glasbuis wordt gespoten, doch dat de complete machine onder een dom wordt geplaatst, die, na vacuüm gezogen te zijn, met gas wordt gevuld. Dit gas wordt in de gasfabriek op een speciale manier vervaardigd en gecontroleerd. Voor het bij de contactfabricage in de leidingen wordt toegelaten wordt het gas ook nog eens fles voor fles gecontroleerd. De organische dampen uit de vacuümpompen worden opgevangen met moleculairzeven en koelvallen. Verontreinigingen door isolatiematerialen zijn vermeden door voor elektrische isolatie in de insmeltmachine nog slechts keramiek te gebruiken.

Uiteraard is het ook van het grootste belang te voorkomen dat een reed-contact tijdens gebruik lek wordt, omdat anders gevaarlijke dampen langzamerhand binnen zullen dringen. Het optreden van scheurtjes in het glas wordt tegengegaan door een spanningsloze glas-metaalverbinding tot stand te brengen en door een speciale constructie van de reed-relais toe te passen.

6.7. Het samenstellen

De reed-contacten, elk bestaande uit twee tongen en een glasbuis, worden samengesteld in een insmeltmachine. Deze machine zorgt voor de goede gas-atmosfeer, voor de juiste plaatsing van de contacten ten opzichte van elkaar en voor de insmelting van de tongen in het glas. De toevoer van de drie onderdelen kan ofwel met de hand met hulpgereedschappen geschieden ofwel automatisch plaatsvinden, waarbij de machine van tijd tot tijd van gevulde magazijnen wordt voorzien. Naast de vanzelfsprekende eis dat een machine goede betrouwbare produkten aflevert, is er nog de belangrijke voorwaarde dat de machine bedrijfszeker zonder tussenkomst van monteurs moet kunnen werken. Dit is vooral nodig omdat de machine tijdens het insmeltproces geheel afgesloten is en er van enig ingrijpen om een kleine storing te verhelpen geen sprake kan zijn. Vandaar dat in plaats van enkele grote machines, zoals bij de radiobuizenproduktie toegepast, hier gebruik gemaakt wordt van enkelvoudige machines, die de reed-contacten stuksgewijs maken. Voor een grote produktie is dan een groot aantal van deze machines nodig.

De machine is onder een dom geplaatst die, zodra de magazijnen geplaatst zijn, vacuüm gezogen wordt. Hierna wordt de dom gevuld met stikstof. De atmosfeer in de reed-contacten wordt geheel bepaald door de atmosfeer in de dom. Bij het insmelten is de temperatuur van het reed-contact ca. 300 °C. Om uiteindelijk een druk van ca. 1,1 atm over te houden in het afgekoelde reed-contact, moet tijdens het insmelten de gasdruk onder de dom ca. 2,2 atm zijn. De plaatsing van de tongen in de juiste stand ten opzichte van elkaar wordt verduidelijkt met behulp van fig. 17. De tongen zijn in tangen A geklemd, die deze tongen een heel nauwkeurig bepaalde plaats geven. Op de plaats waar later de glasbuis komt, staat nu de matrijs B waarin de tongen door de naar elkaar toegaande tangen worden geschoven tot op de aanslag A. Rondom de onderste tong is een spoel C aangebracht, waardoor vervolgens een stroom gestuurd wordt. De tongen kleven nu op elkaar, zodat de bovenste tang kan worden geopend. Het contact van de bovenste tong staat dus precies parallel aan het contact van de onderste tong. De matrijs B wordt thans geopend waarna de glasbuis naar beneden geschoven wordt tot ze tussen de insmeltspoelen D staat. De matrijs B zal, na ver geopend te zijn geweest, weer fungeren als tang voor de glasbuis. Door de bovenste insmeltspoel wordt vervolgens een stroom gestuurd tot het glas rondom de tong gesmolten is. Het gesmolten glas fungeert daarbij als een soort tang voor de bovenste tong. Als de tong concentrisch in de glasbuis staat en het glas regelmatig gesmolten wordt treedt geen verplaatsing van de tong op. De stabiele vorm en de gelijkmatige temperatuur van de insmeltspoelen zijn hierbij heel belangrijk.

Nadat de insmelting bijna hard geworden is wordt de onderste insmeltspoel verhit. Zodra de temperatuur van de tongen hierbij boven het Curiepunt gekomen is (ca. 450 °C) kan, na beëindiging van de stroom door de kleefspoel C, de glasbuistang over een

Fig. 17. Principe van de nauwkeurige plaatsing van de tongen in de insmeltmachine.

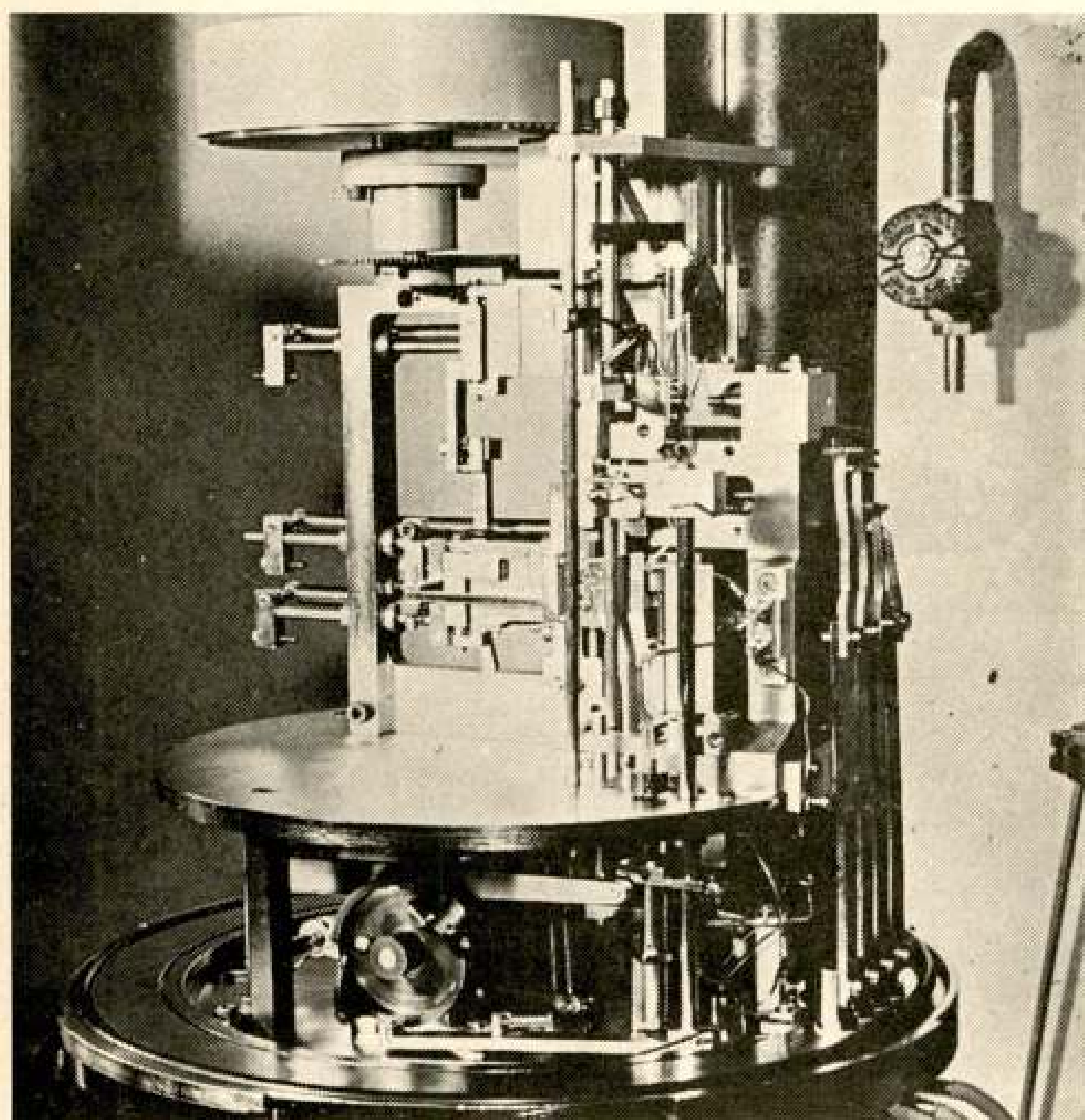


Fig. 18. Volautomatische montagemachine voor reed-contacten. Over de machine wordt een dom geplaatst waarin stikstof onder een druk van 2,2 atm wordt gebracht.

afstand gelijk aan de gewenste contactopening verschoven worden. Hierna wordt het glas rondom de onderste tong gesmolten. Na voldoende afkoeling wordt het reed-contact met behulp van de onderste tong naar beneden getrokken tot het in een goot valt waarna het ofwel in een magazijn valt of met de hand wordt weggehaald (fig. 18).

6.8. Bewerkingen na het insmelten

Omdat het afkoelen niet voldoende langzaam geschied is, moeten in een later stadium de glasspanningen in de beide insmeltingen nog in een oven ontlaten worden (fig. 19). De reed-

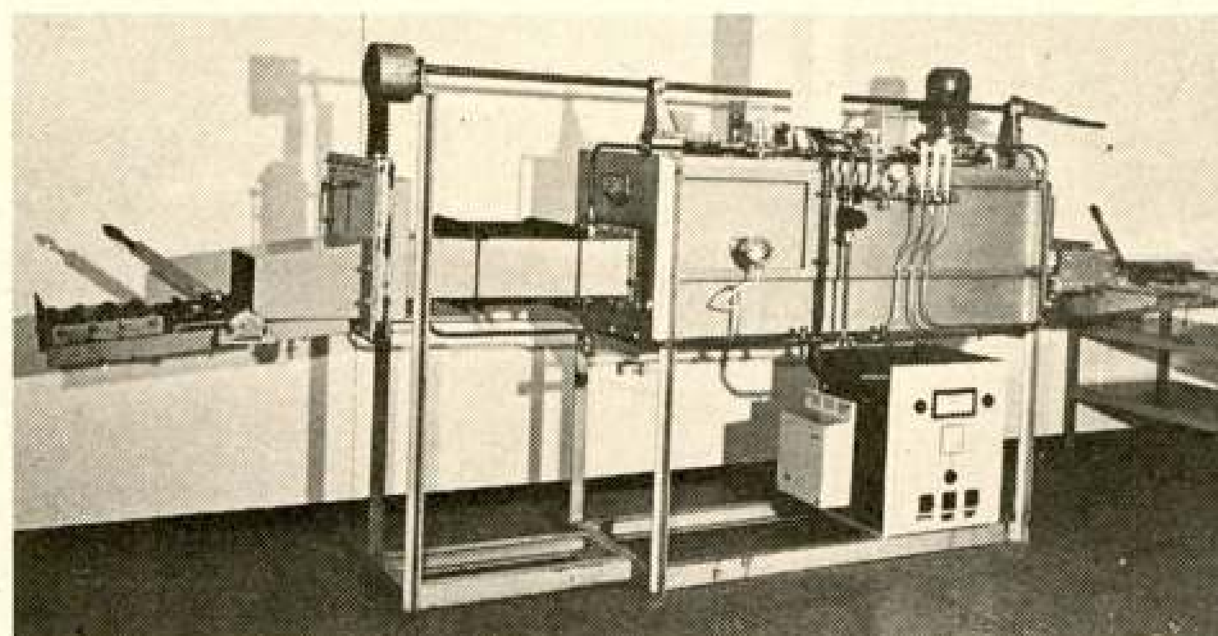


Fig. 19. Oven voor het ontlaten van de glasspanningen.

contacten gaan dan gedurende 15 min in de oven met een temperatuur van 380 °C.

Van tevoren worden alle contacten nog gedurende een half uur geplaatst in een drukvat waarin zich zuurstof onder een druk van 8 atm bevindt. Als door een beschadiging op de draad een reed-contact lek zou zijn omdat de glas-metaalverbinding niet hermetisch afsluit, lekt er zuurstof in de capsule. In de ontlaatoven zal het reed-contact dan enigszins corroderen. In de later volgende metingen op de meetautomaat wordt een dergelijk reed-contact op grond van zijn hoge overgangsweerstand direct afgekeurd. Deze controle wordt aan alle contacten uitgevoerd en is, ondanks alle zorg die aan de draad wordt besteed, nog steeds noodzakelijk.

Op meetautomaten worden ook de opkom-ampèrewindingen, de afval-ampèrewindingen, de overgangsweerstand, de diameter en de doorslagspanning gecontroleerd en worden de reedcontacten op goed- en afgekeurde exemplaren geselecteerd (fig. 20). Hierna volgt het vertinnen van de uitlopers van de contacten, waarop het produktieproces eindigt met de verpakking.

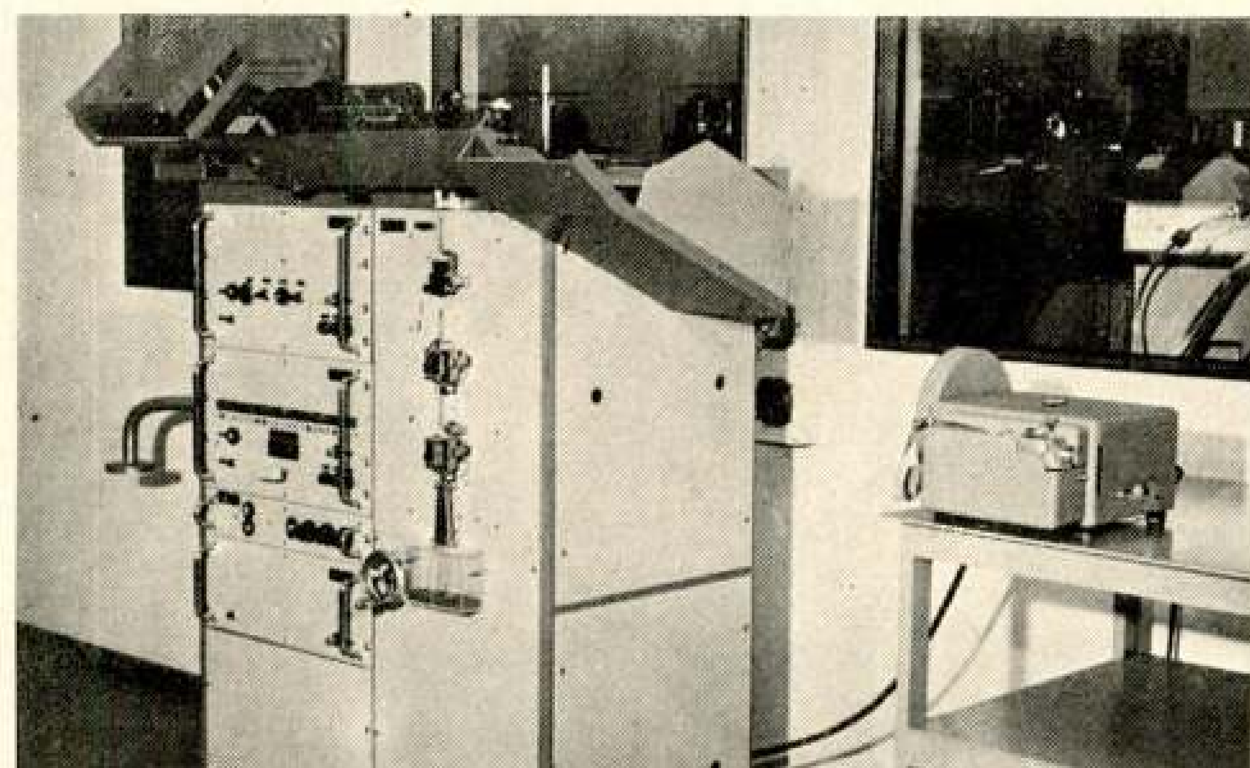


Fig. 20. Automaat voor het meten van de eigenschappen van de reedcontacten en ponsbandapparaat dat de meetresultaten ter verwerking naar een computer stuurt.

7. Conclusie

Fabricage van reed-contacten met grote betrouwbaarheid vergt hoge investeringen. Een redelijke kostprijs is alleen te bereiken bij produktie van heel grote aantallen. Het proces maakt voornamelijk gebruik van automaten. Er is vrijwel geen handwerk. Het personeel is hoofdzakelijk ingeschakeld bij produktieprocescontrole, machinestellen en machine-onderhoud. Er treedt een duidelijke verschuiving op naar hoger gekwalificeerd werk voor het fabriekspersoneel.

Literatuur

[1] A. Feiner: The Ferreed, The Bell System Technical Journal, Vol. XLIII, No. 1, pp. 1-14, 1964.

[2] K. Kozue, H. Yamazaki: Some considerations of the Ferreed performance, Proc. International Conference on Electromagnetic Relays (1963), Speech number A-25.

[3] E. Schogl: Der Schutzrohrkontakt, seine Physik und Anwendung in der Vermittlungstechnik, Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 1962, S. 186-224.

[4] H. van Wijk: Magnetische kruisschakelaar met bladveercontacten, *De Ingenieur*, Vol. 76, Nr. 51, blz. E160-E163, 1964.

[5] E. Gangel: Magnetische Schalter, Auslegeschrift 1220509.

[6] H. Pantzerbieter: Ein Beitrag zur künftigen Entwicklung der Vermittlungstechnik, Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 1958, S. 73-108.

Korte technische berichten

Introductie van de 'P1000' computersystemen bij opening van nieuw gebouwencomplex van de N.V. Philips-Electrologica te Apeldoorn op 12 juni 1968

Bij de opbouw van een P1000-systeem heeft men de keuze uit drie typen van in microminiatuurtechniek uitgevoerde centrale rekenmachines, te weten de P1100, de P1200 en de P1400. Zij verschillen hoofdzakelijk in verwerkingssnelheid, in standaardapparatuur van de verwerkingseenheid en in het aantal randapparaten dat kan worden aangesloten.

De drie typen zijn alle uitgerust met een woord-georganiseerd intern kernengeheugen met een woordlengte van 32 bits (4 octaden) en een cyclustijd < 1 µs. De geheugencapaciteit van de P1100 bedraagt naar keuze 16K, 32K of 64K, van de P1200 64K, 128K of 256K en van de P1400 128K, 256K of 512K. [1]) De modellen P1200 en P1400 kunnen worden uitgebreid met maximaal 7 moduuls kernengeheugen, elk met een capaciteit van 2M octaden ($M = 1024^2$).

De geheugens zijn opgedeeld in adresseerbare geheugenwoorden met een lengte van 8 bits. Door middel van directe adressering kunnen 65 536 van deze octaden bereikt worden. Voor de overige octaden dient gemodificeerde of indirecte adressering te worden toegepast. Hiervoor staan 14 indexregisters ter beschikking.

Van de drie centrale rekenmachines is de P1400 de snelste.

[1]) K = een in de computertechniek veelvuldig gebruikt symbool voor 1024 woorden.

Een optelling van twee 32 bits-woorden vraagt 2,5 µs (P1200 7 µs; P1100 21,5 µs), een vermenigvuldiging van woorden van 32 bits neemt 12 µs in beslag (P1200 60 µs; P1100 135,5 µs). Behalve voor het werken met normale binaire getallen (16 of 32 bits) zijn de rekenorganen ook geschikt voor het rekenen met drijvende-komma-getallen (exponent 7 bits, coëfficiënt 24 of 56 bits) en met binair gecodeerde decimale getallen (maximaal 15). Het volledige instructierepertoire bestaat uit meer dan 200 instructies.

De centrale machines zijn verder uitgerust met een interruptiesysteem en met voorzieningen die het mogelijk maken om twee eventueel verschillende machines uit de P1000-serie met elkaar te laten werken en die het mogelijk maken na het verstrijken van de voor het afwerken van een bepaald programmagedeelte aangegeven tijd het programma te onderbreken.

Het in- en uitvoeren van gegevens wordt autonoom geregeld door de controle-eenheden van de randapparatuur. De verwerkingseenheid zorgt slechts voor het starten en het beëindigen van de in- en uitvoerprogramma's. Voor het verkeer met de randapparatuur zijn twee typen kanalen beschikbaar: de CATCH (Character Allocated Transfer Channel) en de BATCH (Block Allocated Transfer Channel). Een CATCH draagt per keer één informatieteken over en is bedoeld voor het bedienen van meerdere (9 tot 11) langzame randapparaten. Een BATCH draagt per keer een blok van bijv. 100 informatietekens over en is daardoor geschikt voor het bedienen van de snellere randapparatuur zoals magnetische-band-eenheden.

Bij de opbouw van een P1000-systeem heeft men een keuze uit een zeer gevarieerde reeks van randapparaten: ponsbandapparatuur, regeldrukkers, plotters, ponskaartapparatuur, magnetische-band- en schijvenapparatuur. Voor datacommunicatie is speciale apparatuur en programmatuur ontwikkeld die een snelle en efficiënte overdracht mogelijk maken.

De programmatuur die voor de P1000-systemen geleverd kan worden is zeer uitgebreid. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen bedrijfsprogrammatuur, die bepalend is voor de wijze waarop een bepaalde machineconfiguratie als systeem zal werken en applicatieprogrammatuur. De eerste soort is modulair in opbouw en kent vier niveaus te weten: 'Support Package', 'Basic System', 'Extended System' en 'Multiprogramming System'.

Deze systemen, uitgezonderd het Support Package, zijn ook beschikbaar in de zogenaamde 'dual system'-versie voor toepassing in configuraties die bestaan uit twee machines van de serie P1000. Bij het toepassen van het Support Package dient de operateur zelf elke 'job' apart te starten. In het Basic System worden de 'jobs' automatisch in de volgorde van aanbieding afgewerkt. Het Extended System geeft hierop een uitbreiding in die zin, dat tegelijk met het automatisch selecteren en afwerken van de 'jobs' standaard in- en uitvoerprogramma's kunnen worden verwerkt, zoals het overnemen van resultaten van het lopende programma uit snelle randapparaten, in langzame randapparatuur en de overdracht in omgekeerde richting van gegevens van het programma dat als eerstvolgende in behandeling zal worden genomen. Het Multiprogramming System tenslotte biedt de gebruiker de mogelijkheid 16 programma's tegelijkertijd door de machine te laten verwerken.

Elk niveau van de bedrijfsprogrammatuur bestaat uit drie pakketten, te weten de besturingsprogramma's (coördinatie van de gegevensverwerking), ondersteuningsprogramma's (transport van gegevens van intern geheugen naar randapparatuur en viceversa) en verwerkingsprogramma's. Deze laatste groep omvat onder meer vertaalprogramma's voor FORTRAN, ALGOL, COBOL en voor de machine-gerichte programmeertaal AUTOCODE alsmede de zogenaamde 'Linkage Editor'. Met dit laatstgenoemde programma worden losse delen van een programma na vertaling tot een geheel samengevoegd, waarbij aan de delen de juiste adressen worden toegewezen en de noodzakelijke verbindingen tussen de delen tot stand worden gebracht. Bovendien kan met behulp hiervan een geheel programma in delen worden opgesplitst, waarbij alleen de delen, die op een bepaald moment nodig zijn, in het geheugen worden geplaatst ('overlay'-techniek).

De applicatieprogrammatuur wordt onderverdeeld in programma's op commercieel-administratief gebied, op wiskundig gebied en op wetenschappelijk gebied. Tot de eerste groep behoren onder meer het PHICT-pakket (Philips Inventory Control Technique), het PRINSYS-pakket (Produkt Information System en het PROMIS-pakket (Project Management Information System).

Voor technisch-wetenschappelijk werk worden o.a. geleverd het CALIPSO-pakket (oplossen van problemen van de lineaire programmering), de pakketten Elementaire Functies (sin, cos, log, e^x, enz. in enkele en dubbele precisie voor reële en complexe variabelen), Matrix- en Vectorroutines (gebaseerd op de hiervoor speciaal ontwikkelde taal SLIM: Special Language Interpreting Matrices) en de Statistische Standaardroutines (variantieanalyse, multipele lineaire regressie, methode van de kleinste kwadraten enz.). Het pakket Speciale Functies bevat onder meer programma's voor Bessel-, Error-, Gamma- en Bêtafuncties alsmede voor Binomiaal, Poisson, χ^2, F, t, en Normaalverdelingen.

R.v.R.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 6108, Den Haag. Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Den Haag. Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

K. Tebbenhof†

Met de familie betreurden dezer dagen de PTT en het NERG het plotseling overlijden op 27 juni 1968 van de heer K. Tebbenhof.

Deze vervulde voor het genootschap de belangrijke rol van verzorger van vele routine-werkzaamheden, vallend onder de administratie van secretaris, penningmeester en redactie.

Wat echter zijn bakermat – de PTT – tot eer en het NERG tot grote dankbaarheid stemt, is het feit dat deze 'routine' doorgaans werd afgewikkeld met een steeds zeldzamer wordende 'totale dienstvaardigheid'.

Afscheidscollege prof. ir. B. D. H. Tellegen

Op vrijdag 14 juni 1968 heeft prof. Tellegen zijn laatste college gegeven aan de Technische Hogeschool te Delft, de instelling voor hoger onderwijs, waaraan hij sinds 1948 als buitengewoon hoogleraar was verbonden. In dit afscheidscollege gaf hij op de hem eigen systematische en heldere wijze een overzicht van de theorie der elektrische netwerken.

Namens het college van curatoren van de Technische Hogeschool Delft werd het woord gevoerd door prof. dr. H. B. G. Casimir, namens de afdeling der Elektrotechniek sprak prof. ir. H. R. van Nauta Lemke.

Prof. Tellegen, oud-voorzitter van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap is sinds 31 maart 1952 erelid van dit Genootschap. Zijn wetenschappelijke activiteiten zijn neergelegd in een groot aantal publikaties, waarvan er vele in het Tijdschrift van het NERG, waaronder één met dr. J. Haantjes als mede-auteur, zijn opgenomen.

Verslag van het examen Elektronicamonteur en Elektronicatechnicus gehouden in het voorjaar 1968

Elektronicamonteur

Het schriftelijk examen werd gehouden op 1 april 1968. De mondelinge examens vonden plaats op 20 en 21 mei en 4 en 5 juni 1968.

	schriftelijk	mondeling	herexamen
deelgenomen	259	112	–
afgewezen	145	41	–
herexamen	–	9	–
geslaagd	114	62	3
niet opgekomen	–	2	–

Elektronicatechnicus

Het examen 1e deel werd gehouden op 8 april 1968. De examens voor het 2e deel vonden plaats op 16 en 17 mei en op 10 juni 1968.

	1e deel	2e deel	herexamen
deelgenomen	271	69	6
afgewezen	170	23	–
herkansing voor een van de drie onderdelen	65	–	–
herexamen	–	2	–
geslaagd	36	44	6